Aus der Klinik und Poliklinik für Haut- und Geschlechtskrankheiten
der Freien Universität Berlin
im Städtischen Rudolf-Virchow-Krankenhaus
Direktor: Professor Dr. med. Hans Wolfgang S p i e r

UNTERSUCHUNGEN ZUR PERSPIRATIO INSENSIBILIS

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

an der

Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Jürgen S t o l z e

aus Berlin

1965

Aus der Klinik und Poliklinik für Haut- und Geschlechtskrankheiten
der Freien Universität Berlin
im Städtischen Rudolf-Virchow-Krankenhaus
Direktor: Professor Dr. med. Hans Wolfgang S p i e r

ACAD.
LUGD. BAT.
BIBL.

UNTERSUCHUNGEN ZUR PERSPIRATIO INSENSIBILIS

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

an der

Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Jürgen S t o l z e

aus Berlin

Dekan: Professor Dr. med. Adalbert L o e s c h k e

Referent: Professor Dr. med. Wolfgang S p i e r

Korreferent: Professor Dr. med. Günter N e u h a u s

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Freien Universität Berlin.

Promoviert am: 10. Februar 1965

Meiner lieben Mutter

in Dankbarkeit gewidmet

INHALTSÜBERSICHT

A. Die Haut

I. Bau der Haut

1. Epidermis
2. Corium
3. Subcutis
4. Anhangsgebilde der Haut

II. Funktionen der Haut

1. Schutzfunktion
2. Ausscheidungsfunktion
3. Wärmeregulation

B. Die Wasserabgabe durch die Haut

I. Perspiratio sensibilis

II. Perspiratio insensibilis

1. Sudoratio invisibilis und transepidermale Wasserabgabe
2. Zonen der Perspiratio insensibilis
3. Gesamter insens. Gewichtsverlust und Stoffwechsel
4. Lokalisation, Struktur und Funktion der Barriere
5. Durchtrittsmechanismus des Wassers durch die Haut: Einzelne Theorien

C. Eigene Untersuchungen zur Bestimmung der Perspiratio insensibilis

I. Bisher gebräuchliche Methoden

II. Prinzip der eigenen Bestimmungsmethode

III. Versuchsanordnungen im einzelnen

IV. Bestimmung der Perspiratio insensibilis unter verschiedenen Bedingungen

1. Normalbedingungen
2. Einflüsse der Hauttemperatur
3. Einfluss von Lösungsmitteln bzw. an- und kationaktiven Waschmittelflotten
4. Atropinisierung

V. Diskussion der Versuchsergebnisse

VI. Zusammenfassung

VII. Schrifttum

VIII. Lebenslauf

A. Die Haut

I. Bau der Haut

Die Haut setzt sich aus zwei entwicklungsgeschichtlich verschiedenen Teilen zusammen: aus einem ektodermalen Anteil, der Epidermis, und aus einem mesenchymalen Anteil, der Corium und Subcutis umfasst.
Die eigentliche Haut (Cutis) wird von Epidermis und Corium gebildet, während die Subcutis die Verbindung der Haut mit der Unterlage herstellt.
Die Epidermis baut sich ausschliesslich aus Zellen auf; das Corium ist im Gegensatz dazu zellarm und besteht vorwiegend aus strukturbildenden kollagenen und elastischen Fasern. Diese Tatsache ermöglicht eine klare morphologische Unterscheidung der beiden Gewebearten der Haut.
Funktionell sind Epidermis und Corium aufeinander angewiesen. Die straff gespannten Faseranteile des Corium verleihen der Haut die mechanische Widerstandskraft. Durch die Netze der Elastica in der Cutis und die Biegsamkeit des Stratum corneum der Epidermis wird dieser Mechanismus sinnvoll ergänzt.

1. Die Epidermis

An der Epidermis lassen sich wasserreiche, lebende und ziemlich trockene, verhornte Zellagen unterscheiden.
Die wasserreichen, lebenden Zellagen bilden das Stratum germinativum (früher Stratum MALPIGHII) mit dem unmittelbar dem Corium aufliegenden Stratum basale, der Grundschicht, und dem Stratum spinosum, der Stachelzellenschicht. Durch die Tätigkeit der Zellen im Stratum germinativum, der Keimschicht, wird die Aufrechterhaltung und Wiederherstellung der Integrität der Epidermis, einem dauernden Mausergewebe, sowohl physiologisch als auch nach Schädigungen gewährleistet.
Das Stratum basale besteht aus einer Lage schmaler, zylindrischer Zellen, die mit dünnen Protoplasmafortsätzen im Corium verankert sind.

Das Hautpigment Melanin findet sich beim Weissen in der Grundschicht. Man nimmt an, dass die von der Neuralleiste abstammenden "hellen Zellen" (clear cells, Melanocyten) die Pigmentbildung übernehmen, während die Basalzellen als Speicher dienen.

Das Stratum spinosum ist die mächtigste Schicht der Epidermis. Es baut sich aus 4 bis 8 Lagen von Zellen auf, die durch feine Plasmafortsätze, sogenannte Interzellularbrücken, miteinander verbunden sind. An der isolierten Zelle imponieren diese Fortsätze als Dorn oder Stachel; diese Tatsache hat der Schicht ihren Namen Stachelzellenschicht gegeben. Durch die Interzellularbrücken gewinnen die Zellmembranen und damit die Gesamtepidermis an Stabilität. In den Bezirken der Interzellularbrücken stossen nach neueren elektronenoptischen Untersuchungen die seit langem bekannten intrazellulären Epithelfasern, die sogenannten Tonofibrillen zusammen, die im Stratum spinosum senkrecht, in den verhornten Epidermisschichten waagerecht verlaufen und nach SAALECKER (69) "ein auf mechanische Beanspruchung der Epidermis eingestelltes trajektorielles System darstellen."
Das Stratum granulosum, die Körnerschicht, bildet den Übergang von den wasserreichen, lebenden zu den nur etwa 10 % Wasser enthaltenden, d.h. recht trockenen, verhornten Zellagen; sie wird daher auch präkeratogene Schicht genannt. Im Zellkörper finden sich stark glänzende Schollen oder Körner von Keratohyalin, einem chemisch noch nicht aufgeklärten, jedenfalls osmiophilen, SH-negativen und wohl auch lipidnegativen Kondensat (54), das mit der Einleitung des Verhornungsvorganges etwas zu tun hat, jedoch keine Vorstufe des Keratins darstellt.

Die Zellen des nur palmoplantar ausgebildeten Stratum lucidum, der Glanzschicht, sind mit Elaidin, i.e. verflüssigtes Keratohyalin, getränkt, was dieser Schicht ihren Glanz und damit ihren Namen gibt.
Normalerweise folgt einer vorwiegend 2-dimensionalen, dünnen keratogenen Zone die Pars conjuncta (= Barriere; SZAKALL) des Stratum corneum, d.h. der Hornschicht. Diese hat keine Kerne

und besteht aus abgestorbenen, aber in der Barriere (ca. 50 bis 70 % des Stratum corneum) noch fest zusammenhängenden, etwa 0,2 bis 1 mal 30 bis 40 µ grossen Zellen, jetzt Hornzellen oder Keratocyten genannt. Die Stärke des Stratum corneum ist verschieden: auffallend zart im Gesicht (ca. 10 u), dünn z.B. auch am Bauch (ca. 20 bis 50 µ) und dick an Handfläche und Fußsohle (ca. 0,5 bis 3 mm). Die Zellagen der Epidermis rücken als Ausdruck einer Erneuerung im Sinne einer "Häutung" ständig von der Basalzellreihe nach aussen auf. Nach PINKUS braucht eine Deckzelle etwa 30 Tage bis zur Desquamation. Die oberflächlichste Schicht der Pars disjuncta der Hornschicht schilfert als kleine, unsichtbare Schüppchen ab.

Mit HORSTMANN sollten isotrope, d.h. nicht doppeltbrechende Hornzellmembranen, ihrerseits sehr resistent gegen chemische Einflüsse, unterschieden werden von intrazellulären, α-Keratinstruktur zeigenden Filamenten und Fibrillen, ihrerseits in den unteren Zellagen des Stratum corneum die Hornzellen zusammen mit einer osmiophilen, amorphen Zwischensubstanz erfüllend. Peripherwärts scheinen die Faserelemente sich an die Zellmembranen anzulagern, um in den dicht vor der Abstossung stehenden Zellagen kaum noch elektronenoptisch wahrnehmbar zu sein.

Das Corium

Das Corium setzt sich aus dem unterhalb des Stratum basale der Epidermis gelegenen und mit diesem verzahnten Stratum papillare und dem die Verbindung zur Subcutis herstellenden Stratum reticulare zusammen.
Das Stratum papillare besteht aus einem lockeren Geflecht dünner Kollagenfaserbündel und einem dichten Netzwerk elastischer Fasern. In den Bindegewebszapfen, die in das Stratum germinativum vordringen, befinden sich die haarnadelförmig gewundenen Kapillarschlingen. Diese versorgen die Epidermis und die in ihr liegenden Nervenendapparate.

Das Stratum reticulare baut sich auf aus einem Gitterwerk aus elastischen Fasern, weitmaschiger als im Stratum papillare, und einem üppigen Geflecht kollagener Faserbündel, die in zwei Ebenen parallel zur Hautoberfläche ausgerichtet sind, ihrerseits eingebettet in eine amorphe Zementsubstanz, auch Grundsubstanz genannt.
Auf Grund der schrägen Richtung der Faserbündel zueinander entstehen rhombische Maschen. Die begleitenden elastischen Fasern und zirkulär orientierte kollagene Hüllfibrillen erhöhen den Zusammenhalt der Fasern. Diese Struktur bedingt die elastische Dehnbarkeit des Corium.

3. Die Subcutis

Die Subcutis enthält reichlich durch Bindegewebszüge getrennte Fettläppchen. Das Unterhautfettgewebe ist neben dem Kälteschutz eine Unterpolsterung für die übrigen Hautschichten und damit massgebend für die äusseren Körperformen. Ausserdem stellt es einen Schutz für die darunterliegenden Körperteile gegen Stoss und Druck dar, und es kann ein Speicherungsort für Fett, Flüssigkeit (Ödeme) und Blut sein.
In der Subcutis verlaufen die Lymphgefässe in einem weitmaschigen, tiefen und in einem engmaschigen, oberflächlicher gelegenen Netz.
Auf die Nerven- und Gefässversorgung der Haut soll hier nicht näher eingegangen werden.

4. Die Anhangsgebilde der Haut

Ebenfalls aus dem äusseren Keimblatt entwickeln sich die Anhangsgebilde der Haut: Haare, Nägel und Drüsen.
Es soll hier nur auf den Bau und die Funktion der Drüsen (Talgdrüsen, grosse und kleine Schweissdrüsen) hingewiesen werden.
Die Talgdrüsen, Glandulae sebaceae, sind alveoläre, holokrine Drüsen, deren Ausführungsgang in einen Haarfollikel mündet.

Ihr Sekret, der Talg, ist bei Körpertemperatur flüssig. Der Drüsentalg lagert sich in den obersten Lagen der Pars disjuncta und an der Oberfläche selbst ab, dort durchmischt mit dem epidermogenen Hornfett, das quantitativ zurücktritt, aber sich durch Cholesterinreichtum auszeichnet.

Die grossen Schweissdrüsen, Glandulae sudoriferae majores, haben im Hinblick auf die Hautwasserabgabe durch Schweissabsonderung nur eine untergeordnete Bedeutung. Diese apokrinen Drüsen sind auf bestimmte Körperregionen beschränkt und liefern meist eiweissreiche Sekrete von - insbesondere bei Tieren - charakteristischem Geruch.

Die kleinen Schweissdrüsen, Glandulae sudoriferae minores, stellen das grosse Heer der eigentlichen thermoregulatorischen Schweissdrüsen dar.

Diese ekkrinen Drüsen bestehen aus langen, unverästelten Röhren, an denen man einen sezernierenden Teil, Corpus gland. sudorf., einen Ausführungsgang, Ductus sudor., und eine Mündung, Porus sudor., unterscheidet. Sie liegen entweder in der tieferen Schicht des Stratum reticulare oder, wohl meist, in der obersten Schicht der Subcutis. Sie sind über die ganze Haut verteilt und fehlen nur an den Lippen, am Nagelbett, an der Glans penis, am inneren Vorhautblatt und an der Innenseite der kleinen Schamlippen. Ihre Gesamtzahl beträgt etwa 2 Millionen, der Gesamtquerschnitt ihrer Mündungen um 40 qcm. Am dichtesten sind sie an der Handfläche und an der Fußsohle gestellt, am weitesten voneinander am Rücken.

Durchschnittswerte der Schweissdrüsenverteilung pro qcm für einzelne Körperregionen geben KRAUSE (40) und TANAGUCHI und KAMIYAMA(77) an:

Handfläche	373	Unterarm, Rückenseite	149
Fußsohle	366	Fußrücken	126
Handrücken	203	Oberschenkel	79
Hals	178	Wange	75
Stirn	172	Lendengegend	57
Unterarm, innen	157	Rücken	57
Brust	155	Gesäss	57
Bauch	155		

Die Gefässversorgung wird durch selbständige Zweige der Hautarterien übernommen.
Die Schweissnerven, die mit einem feinfaserigen Geflecht die Drüsenknäuel umspinnen, schliessen sich in ihren Bahnen den grossen Nerven an.
Pharmakophysiologisch sprechen sie auf parasympathische Reiz- und Hemmstoffe an.

II. Funktionen der Haut

1. Schutzfunktion

Die normale, gesunde Haut besitzt Schutzfunktionen, die auf das engste mit ihrer Eigenschaft als Körperhülle verknüpft sind. Auf der einen Seite regt die Haut den Gesamtorganismus zu den entsprechenden Reaktionen gegenüber den verschiedenen Einflüssen aus der Umwelt an, andererseits reagiert sie selbst auf lokal von aussen angreifende Schädigungen.
Durch ihre Elastizität, ihre Fettpolsterung und ihre gute Verschieblichkeit auf der Unterlage kann sie Belastungen durch mechanischen Druck kompensieren.
Durch Pigmentbildung, ferner durch Verdickung und reflektierende Eigenschaften der Hornschicht und stärkere Durchblutung schützt sie sich gegen Licht- und Wärmeeinflüsse.
Bei den chemischen und physikalischen Abwehrfunktionen spielt der Lipidfilm der Hautoberfläche in Verbindung mit dem hohen Gehalt des Stratum corneum an wasserlöslichen, kleinmolekularen Inhaltsstoffen (etwa 25 bis 40 %) und dem Schweiss wahrscheinlich eine wesentliche, im einzelnen schwer zu durchschauende Rolle.

2. Ausscheidungsfunktion

Die Flüssigkeitsabsonderung durch die Haut nimmt einen wichtigen Platz im Gesamtwasserhaushalt des Körpers ein. Die Wassermenge, die in 24 Stunden von 1 qm Haut abgegeben wird,

beträgt ca. 500 bis 600 g (4). In der gleichen Zeit werden durchschnittlich durch die Nieren 1500 g, durch die Lungen 200 g und mit dem Kot 100 bis 150 g Wasser ausgeschieden (46). Auf dem Wege der Flüssigkeitsabsonderung können in gewissem Umfang körperfremde Stoffe durch die Haut ausgeschieden werden.

3. Wärmeregulation

Die Haut spielt eine bedeutende Rolle in der Erhaltung einer möglichst gleichbleibenden Körpertemperatur entgegen inneren und äusseren Temperaturänderungen.
An sich schon eine gut isolierende Schicht, sucht sie Kälteeinflüsse durch reflektorische, die Wärmeabgabe einschränkende Gefässkontraktion, Hitze von aussen durch die reflektorische, mit Erhöhung der Wärmeabgabe verbundene Gefässdilatation zu kompensieren.
Ausser durch Leitung, Strahlung und Konvektion erfolgt die Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung.
Die Wasserverdunstung an der Oberfläche der Haut ("feuchte Wärmeabgabe" nach HENSEL) ist infolge der hohen Verdampfungswärme des Wassers von 580 cal x g^{-1} ein sehr wirksames Mittel der Wärmeabgabe und stellt ein Sicherheitsventil gegen Überhitzung dar.
Die Wärmeabgabe pro Flächeneinheit q folgt nach HENSEL (25) näherungsweise der Gleichung:

$$q = \beta (e_o - e_1)$$

Dabei ist e_o der Dampfdruck der Hautoberfläche, e_1 der Dampfdruck der Luft und β die Verdunstungszahl, die u.a. von der Oberflächenkrümmung, vom Luftdruck und von der Quadratwurzel aus der Windgeschwindigkeit abhängt.
Auch bei feuchtigkeitsgesättigter Luft kann die Haut noch Wasser verdunsten, wenn $e_o > e_1$ ist, was bis zu einem gewissen

Punkt durch eine hohe Hauttemperatur erreicht werden kann. Es erscheint thermophysiologisch zweckmässig, einen Körperkern von einer Körperschale zu unterscheiden. Unter Kern ist dabei der homoiotherme Teil des Körpers, unter Schale der Teil, der mehr oder weniger an Schwankungen der Umgebungstemperatur teilnimmt, zu verstehen.
An der Haut, als dem äussersten Teil der Schale, machen sich diese Schwankungen naturgemäss am stärksten bemerkbar.
Der Organismus ist bestrebt, die Kerntemperatur unter allen Umständen konstant zu halten, was häufig mit Änderungen der Schalentemperatur auf dem Weg über die Wärmeregulation verbunden ist.

B. Die Wasserabgabe durch die Haut

Ein Drittel der Flüssigkeitsmenge, die den menschlichen Körper unter normalen Bedingungen verlässt, wird durch die Haut ausgeschieden (20). Bei dieser Wasserabgabe durch die Haut unterscheidet man einen glandulären, Perspiratio sensibilis genannten und einen extraglandulären, als Perspiratio insensibilis bezeichneten Anteil.

I. Die Perspiratio sensibilis

Der glanduläre Anteil der Hautwasserabgabe umfasst die sichtbare, aktive Sekretion von Flüssigkeit in Form kleiner Tropfen durch die Schweissdrüsen. Diese Schweißsekretion setzt ein als Wärmeregulationsmechanismus bei einem Anstieg der Umgebungstemperatur über 31°C (37, 38, 39, 50, 78, 79, 84, 87, 88). Unabhängig davon finden wir eine Perspiratio sensibilis ausserdem z.B. bei schwerer seelischer Erregung, bei Schock und Kollaps und als Spontanschweisse bei Narkosestörungen und nach Operationen.

II. Die Perspiratio insensibilis

1. Sudoratio invisibilis und transepidermale Wasserabgabe

Der extraglanduläre Anteil betrifft die Hautwasserabgabe in Dampfform, die bei allen Umgebungstemperaturen stattfindet (64). Nach ROTHMAN setzt sich die Perspiratio insensibilis aus zwei verschiedenen Mechanismen zusammen:

a) aus einer unsichtbaren Sekretion der Schweissdrüsen (Sudoratio invisibilis), die jedoch mit bestimmten Färbemethoden unter dem Mikroskop sichtbar zu machen ist (32, 36, 48, 63, 67) und die durch Atropin ausgeschaltet werden kann, und

b) aus einem durch Atropin nicht zu beeinflussenden Anteil, der "tatsächlichen Perspiratio insensibilis" (15), für den ROTHMAN die Bezeichnung "transepidermale Wasserabgabe" wählt, um damit die Natur dieses Vorganges zu kennzeichnen.

Auch SCHÖLMERICH und HILDEBRANDT (70) schlagen vor, da die Schweissdrüsen ebenfalls ständig Flüssigkeit abgeben würden, eine sichtbare und eine unsichtbare Schweissdrüsensekretion zu unterscheiden und von der Wasserabgabe durch das Epithel abzugrenzen.

Bei den meisten Experimenten, die sich mit der Perspiratio insensibilis beschäftigen, wird keine Trennung in Drüsen- und Hautanteil vorgenommen, sondern die Gesamtperspiratio wird gemessen. Die Mengen der beiden Komponenten sind ausserordentlich variabel und hängen nach ROTHMAN (64) nicht zuletzt von der geistigen und seelischen Verfassung der Versuchsperson ab. Für Versuchspersonen aus dem Kreis seiner Mitarbeiter gibt ROTHMAN das Verhältnis von Sudoratio invisibilis zu transepidermaler Wasserabgabe für den Stamm mit 1/10 : 9/10 an. An den Handflächen und Fußsohlen verschiebt sich dieses Verhältnis sehr stark zugunsten der Sudoratio invisibilis (28, 64). Nach MALI (52) beträgt an den genannten Flächen die transepidermale Wasserabgabe 20 %, der Wasserverlust in Form von Wasserdampf aus den Schweissdrüsenausführungsgängen 80 % der Perspiratio insensibilis.

RANDALL's Bericht (63) über periodische Drüsenaktivität auch am Unterarm bei einer Umgebungstemperatur zwischen 20°C und 27°C sowie unterschiedliche Versuchsergebnisse vor und nach Anwendung von Atropin von CHROMETZKA und SCHWEDER (15), JORES (29, 30, 31) und ROTHMAN (64) lassen im Verein mit Beobachtungen einer periodisch erfolgenden Wasserdampfabgabe bei niedrigen Umgebungstemperaturen den Schluss zu, dass die Schweissdrüsen des ganzen Körpers, wenn auch manchmal in sehr geringem Masse, an der Perspiratio insensibilis teilnehmen (1, 2, 60, 63, 64).

Im Gegensatz dazu vertreten LOEWY und WECHSELMANN (49), BURCH und WINSOR (13, 14), KUNO und IKEUCHI (43, 44) und WHITEHOUSE, HANCOCK und HALDANE (84) die Ansicht, dass eine Beteiligung der Schweissdrüsen an der Perspiratio insensibilis für die meisten Gebiete der Hautoberfläche nicht zutrifft. Nochmals sei darauf hingewiesen, dass Umgebungs- und Hauttemperatur definiert sein müssen, wenn der Anteil der Sudoratio invisibilis im Rahmen der Perspiratio insensibilis diskutiert wird.

2. Zonen der Perspiratio insensibilis

Die gesamte insensible Wasserabgabe durch die Haut zeigt im Indifferenzbereich, d.h. unterhalb der Schwitzgrenze, annähernd gleiche Werte für alle Körperregionen. Eine Ausnahme bilden die Handflächen und die Fußsohlen, die wesentlich höhere Perspirationsraten zeigen.
IKEUCHI und KUNO (28, 41, 42) schlagen eine Einteilung der Hauptgebiete in 3 Zonen vor:

Zone I umfasst die Gebiete mit dem grössten Wasserverlust, nämlich Handflächen und Fußsohlen.
Für diese Zone gibt auch KUNO im Indifferenzbereich eine mikroskopisch sichtbar zu machende Schweißsekretion an.

Zone II: Zu ihr gehören Stirn, Hals, Wangen und Handrücken.

Zone III: schliesst die übrigen Körperregionen ein.

Die Wasserabgabe für 20 qcm in 5 min beträgt in Zone I 5 bis 10 mg, in Zone II 2,5 bis 4,5 mg und in Zone III 0,7 bis 1,7 mg.
Die Gebiete der Zonen I und II, die die höheren Werte für die Wasserabgabe zeigen, sind im allgemeinen unbedeckt, während die Regionen der Zone III normalerweise bekleidet sind (41, 42).
SODEMANN und BURCH (72) treffen die Einteilung der einzelnen Hautgebiete nach dem Grad ihrer Wasserabgabe in der Reihenfolge: Hände, Füsse, Kopf, Arme, Beine, Stamm.

3. Gesamter insensibler Gewichtsverlust und Stoffwechsel

Der gesamte insensible Gewichtsverlust durch Haut und Lungen ist unter Grundumsatzbedingungen konstant und beträgt etwa 800 g/qm/24 h. Ungefähr 60 % davon entfallen auf die Hautwasserabgabe (4, 29, 42, 84). Der gesamte Wasserverlust durch die Haut eines ruhenden Menschen ohne sichtbare Schweissekretion beträgt ca. 500 bis 700 g/d (42, 67). Der gesamte insensible Gewichtsverlust durch Haut und Lungen zeigt nach BENEDICT (4, 5) eine lineare Abhängigkeit vom Stoffwechsel. Dies wird von anderen Autoren bestätigt (29, 30, 31, 47, 51). Die Abhängigkeit wird durch die Tatsache erklärt, dass der gesamte Wärmeverlust eine Stoffwechselfunktion darstellt und dass die Wärmeabgabe durch Wasserdampf einen ziemlich konstanten Anteil - im Durchschnitt ca. 24 % - des gesamten Wärmeverlustes darstellt (73).

4. Lokalisation, Struktur und Funktion der Barriere

Die Tatsache der transepidermalen Wasserabgabe beweist, dass ein Wasserdurchtritt - wenn auch in kleinen Mengen - durch die Epidermis von innen nach aussen erfolgt. 1875 wurde das schon an excidierter Haut demonstriert (18). BURCH und Mitarbeiter (13, 14, 72, 86) wiederholten diese Versuche und fanden eine verhältnismässig geringe Diffusion von Wasser durch die Haut. Vergleichende Messungen der Hautwasserabgabe in vivo und an excidierten Hautstücken ergaben annähernd gleiche Werte. Ausserdem stellten die Autoren fest, dass die Durchlässigkeit der Haut für Wasser post mortem nach 14 Tagen plötzlich auf das Dreifache anstieg und dann 61 Tage lang praktisch unverändert blieb. Leichtes, verstärktes und intensives Abschaben des Stratum corneum hatte steigende Wasserdurchlässigkeit der Haut zur

Folge. Daher wurde angenommen, dass eine als Diffusionshindernis funktionierende Schicht im Stratum corneum liegen würde.

ROTHMAN (64) weist im Gegensatz zu dieser Annahme auf die Tatsache hin, wie rasch das Stratum corneum auf Grund seiner relativen Trockenheit und Porosität von innen und aussen Wasser aufnimmt und stellt die Funktion einer solchen Substanz als Barriere in Frage. Zugunsten einer im Stratum corneum liegenden Barriere wird angeführt, dass die Barriereeffekte auch post mortem bestehen blieben und dass deshalb nur eine tote Schicht als Sitz für die Barriere in Frage käme. Eine nach 14 Tagen plötzlich auftretende Änderung in der Wasserdurchlässigkeit (13) lässt sich aber logischer als Disorganisation vorher noch organisierter Strukturen - Stratum granulosum und Stratum lucidum - interpretieren als als Änderung innerhalb der toten Hornlamellen (64).

MALI (52, 53) und SZAKALL (74, 76) konnten durch entsprechende Versuche nachweisen, dass die Barriere zwischen den lebenden Zellagen des Stratum spinosum und den oberflächlichen des Stratum corneum liegt und dass diese Barriere die relativ geringe Durchlässigkeit der Haut regelt.

Die Struktur der Barriere ist noch nicht eindeutig geklärt. DERKSEN, HERINGA und WEIDINGER (16) nehmen ein dichtes Netzwerk aus Hornfasern an, in das Lipoide und andere Substanzen eingelagert sind. Nach DUPRE's Meinung (17) stellt eine Interzellularsubstanz, die aus einem Fett-Kohlenhydrat-Eiweiss-Komplex besteht (neuerdings durch FLESCH (21) bestätigt), die Verbindung zwischen den Zellen her. SZAKALL (74) kommt nach eingehenden Untersuchungen zu dem Schluss, dass die Barriere aus einem z.B. durch Natronlauge sichtbar zu machenden Netzwerk von Hornzellen besteht. Nach MALI (52, 53) bilden die dichte "Keratin"-Struktur und die Lipoide der Barriere zusammen das Diffusionshindernis für die Wassermoleküle.

5. Durchtrittsmechanismus des Wassers durch die Haut

Über den Durchtrittsmechanismus des Wassers durch die Haut bei der Perspiratio insensibilis ist nichts Sicheres bekannt. Es gibt verschiedene Theorien über den Mechanismus dieses Vorgangs.

Vor 70 Jahren beschrieb UNNA (81) ein intradermal gelegenes System von winzigen Kanälchen, über die das Wasser aus den Papillenspitzen in die Schweissdrüsenausführungsgänge gelangen würde. UNNA erörtert einen freien Flüssigkeitsaustausch zwischen Epidermis und dem epidermalen Teil des Ausführungsganges, was bedeutet, dass im Ausführungsgang erscheinende Flüssigkeit nicht notwendigerweise ein Produkt der Schweissdrüsen sein muss.

Zu ähnlichen Ergebnissen kam MELCZER (55) bei Experimenten mit Harnstoffinfusionen. Er fand, dass ein Substanzaustausch zwischen dem Kanalsystem der Epidermis und dem epidermalen Teil des Ductus sudorifer besteht, jedoch nicht in dem von UNNA (81) angenommenen hohen Masse. MELCZER stellte fest, dass Wasser in flüssiger Form aus den Gefässen in die Epidermis diffundiert und im oberen Drittel der Hornschicht in Dampfform übergeht.

Nach FRIEBOES (22) bewirkt das epidermale Fibrillensystem die Wasserpassage durch die Epidermis. Es bildet ein hydrophiles, dreidimensionales Netzwerk, das mit seinem unteren Ende gewissermassen im Wasser hängt.

Auf Grund von eingehenden Studien interpretierte MOOG (58,59) den transepidermalen Wassertransport als eine "vitale Funktion" der Epidermiszellen. Formalin unterdrückt die Schweisssekretion und vergrössert die transepidermale Wasserabgabe; dieses Ergebnis deutete MOOG im Sinne einer Stimulierung der epidermalen Zellen. Ausserdem fand er, dass beim Tod mit dem Zusammenbruch des Kreislaufes der insensible Wasserverlust nicht abrupt, sondern entsprechend dem allmählich zu Ende gehenden Stoffwechsel und dem langsam eintretenden Absterben der Epidermiszellen nach und nach aufhörte.

KUNO und IKEUCHI (41, 42) konnten bei völliger Absperrung des Kreislaufes die insensible Wasserabgabe nur um 30 % drosseln. ROTHMAN (64, 66, 67) nimmt an, dass die transepidermale Wasserabgabe eng mit dem Verhornungsprozess verbunden ist. Bei der Verhornung wird durch Dehydration des Zellprotoplasmas "Hydrationswasser" frei, das entweder von der Oberfläche oder vom Zwischenraum zwischen den Hornlamellen verdampft wird. Diese Theorie wurde experimentell durch die Tatsache unterstützt, dass über Läsionen, in denen der Verhornungsprozess durch die gesteigerte Proliferation der Retezellen beschleunigt ist, die Hautwasserabgabe ansteigt (66). Auch bei Patienten mit Psoriasis und Dermatitis exfoliativa, bei denen eine verstärkte Verhornung vorliegt, fanden FELSHER und ROTHMANN (19) eine erhöhte Wasserabgabe. Da unter diesen Umständen gleichzeitig mit der Verhornung auch die Permeabilität gesteigert sein und die erhöhte transepidermale Wasserabgabe bedingen kann, wurden Patienten mit einer postinflammatorisch auftretenden Schälung der Haut geprüft, bei denen man keine Permeabilitätssteigerungen antrifft. Mit Beginn der Schälung - 4 bis 9 Tage nach Irritation der Haut mit ultravioletten Strahlen - stiegen die Werte für die transepidermale Wasserabgabe auf das Doppelte. Anstieg der Werte für die Wasserabgabe nach wiederholter elektroosmotischer Behandlung (45) mit Formalin (57, 62) führt ROTHMAN auf eine gesteigerte Verhornung auf Grund der durch das Formalin bedingten Irritation zurück und erklärt die von MOOG (57) angenommenen "vitalen Prozesse" der Epidermis durch Änderungen der Verhornungsgrösse. Die ROTHMANsche Theorie wurde durch die Versuche von VASTI (82) unterstützt, da sich das von der Haut verdampfende Wasser in Bezug auf die Dampfspannung wie Hydrationswasser verhält, d.h. eine niedrigere Dampfspannung als freies Wasser zeigt.

Wenn die ROTHMANsche Theorie zutreffen würde, wäre auch die Frage nach dem Durchtrittsmechanismus des Wassers durch die Haut damit beantwortet. Denn das Wasser würde als Zellwasser

mit den Zellen aus dem Stratum germinativum "heraufwachsen", beim Verhornungsprozess frei werden und von der Hornschicht in Dampfform abgegeben werden.
PEGUM (62) hat sich mit dem Problem der transepidermalen Wasserabgabe auf dem von ROTHMAN vorgeschlagenen Wege befasst und festgestellt, dass der Anteil dieses "Hydrationswassers" nur einen kleinen Teil der gesamten transepidermalen Wasserabgabe ausmacht. Wird eine maximale Desquamatio invisibilis von 2 g/d angenommen - der Durchschnittswert liegt nach den Untersuchungen von PEGUM wesentlich niedriger - so ist mit einer entsprechenden Dehydratisierung in der keratogenen Zone in der Tat nur ein minimaler Bruchteil der Perspiratio insensibilis erklärbar.
MALI (52, 53) nimmt an, dass der Wasserdurchtritt durch die Haut auf dem Wege der von BARRER (3) angegebenen "aktivierten Diffusion" erfolgt. Diese Theorie basiert auf dem unterschiedlichen Verhalten der Verbindungen in der Barriere, die sich aus langen Ketten aufbauen und für Wasser nur schwer durchgängig sind, bei verschiedenen Temperaturen. Die Wassermoleküle müssen durch die nur schmalen Zwischenräume zwischen den Ketten durchdringen. Durch die temperaturbedingte Bewegung der Ketten werden Löcher gebildet, in denen die Wasser-Moleküle "springen" können. Je höher die Temperatur ist, um so grösser ist die Wahrscheinlichkeit für die Wassermoleküle, ein Loch zu finden, und um so schneller geht die Permeation vor sich.

Nach WHITEHOUSE, HANCOCK und HALDANE (84) beruht die Perspiratio insensibilis auf der Osmose. Die Haut trennt als semipermeable Membran das Blutplasma von der äusseren Oberfläche und ist gut durchgängig für Wasser, jedoch praktisch undurchlässig für anorganische Salze. Nach ROTHMAN (64) und WINSLOW, HERRINGTON und GAGGE (85) ist ein derartiger Vorgang auf physikalischer Grundlage nicht möglich. Die Autoren finden keine klare Abhängigkeit zwischen Wasserabgabe und relativer

Feuchtigkeit einerseits und Umgebungs- bzw. Hauttemperatur andererseits, wie sie für einen rein physikalischen Vorgang gefordert werden muss. WHITEHOUSE, HANCOCK und HALDANE fanden jedoch in Übereinstimmung mit ihrer Theorie keinen Wasserverlust durch die Haut in einem Bad mit destilliertem Wasser von 33°C bis 34°C, sondern sogar eine leichte Gewichtszunahme durch Wasseraufnahme. Die Hautwasserabgabe setzte ein, wenn dem Badewasser Salz zugefügt wurde und steigerte sich mit steigender Salzkonzentration. TROLLE (80) bestätigte diese Ergebnisse.

Über die Abhängigkeit der Hautwasserabgabe von der Temperatur und der Feuchtigkeit der Umgebung wurden Untersuchungen angestellt, die unterschiedliche Ergebnisse zeigten. Eine lineare Abhängigkeit der Hautwasserabgabe vom Wasserdampfdruck der umgebenden Luft würde die Perspiratio insensibilis als rein physikalischen Vorgang erklären. WINSLOW, HERRINGTON und GAGGE (85) fanden keine Änderung der Hautwasserabgabe in Abhängigkeit von Temperatur und Feuchtigkeit der Umgebung.
BERENSON und BURCH (6) kamen bei ihren Versuchen zu Ergebnissen, die zwar für eine Abhängigkeit der Hautwasserabgabe von den genannten Faktoren sprechen, eine definitive Aussage darüber jedoch nicht zulassen.
ZÖLLNER, THAUER, KAUFMANN und Mitarbeiter (37, 38, 39, 50, 78, 79, 87, 88) kommen auf Grund von eingehenden Versuchen über den gesamten insensiblen Gewichtsverlust durch die Haut zu folgenden Ergebnissen:

"Der gesamte insensible Gewichtsverlust des ruhenden Menschen unter Grundumsatzbedingungen im Indifferenzbereich sinkt mit steigendem Wasserdampfdruck der Umgebung ab" (78).

"Der insensible Gewichtsverlust nimmt oberhalb des Indifferenzbereiches erheblich zu und lässt eine klare Zuordnung zum Wasserdampfdruck der umgebenden Luft vermissen" (87).

"Die aus dem Gesamtgewichtsverlust nach Abzug des Gewichtsverlustes durch die Atmung erhaltene Hautwasserabgabe sinkt im Indifferenzbereich ebenfalls mit steigendem Wasserdampfdruck der umgebenden Luft" (79).

"Neben dem Einfluss des Wasserdampfdruckes der umgebenden Luft ist eine deutliche Abhängigkeit der Hautwasserabgabe von der Hauttemperatur nachweisbar in dem Sinne, dass höhere Hauttemperaturen bei gleichem Wasserdampfdruck der umgebenden Luft zu höheren Gewichtsverlusten durch die Haut führen" (88).

"Die Wasserabgabe durch die Haut im Indifferenzbereich ist eine Potenzfunktion der Differenz zwischen dem Sättigungsdruck bei Hauttemperatur und dem Wasserdampfdruck der umgebenden Luft" (39).

Gegen die Annahme einer Wasserabgabe auf dem Wege der Diffusion, wie sie BUETTNER (8) und PINSON (62) vertreten, spricht der parabolische Verlauf der Funktionskurve. Die Autoren (50) interpretieren diese vergrösserte Zunahme der Hautwasserabgabe "als Änderung des Diffusionswiderstandes der Haut in Abhängigkeit von der Rectaltemperatur", schliessen aber nicht aus, dass auch eine unmerklich einsetzende Schweißsekretion in Abhängigkeit von der zunehmenden Luftfeuchtigkeit - wie GAGGE (23) annimmt - vorliegen kann. LÜTCKE, KLUSSMANN und KAUFMANN (50) wiederholten am schweissdrüsenlosen Hund und an excidierten Hundehäuten unter den gleichen Bedingungen die von THAUER, ZÖLLNER und KAUFMANN am Menschen vorgenommenen Versuche und kommen durch Vergleich der Versuchsergebnisse für den lebenden Hund und für excidierte Hundehaut zu dem Schluss, "dass die Hautwasserabgabe des lebenden Hundes im Indifferenzbereich tatsächlich auf dem Diffusionsweg erfolgt und von einer unterhalb

der Hautoberfläche gelegenen, praktisch 100%ig feuchten Fläche ausgeht." Dass die Wasserabgabe von einer feuchten Fläche aus erfolgt, wurde als Arbeitshypothese schon für die Auswertung der Versuche am Menschen von ZÖLLNER, THAUER und KAUFMANN aufgestellt und auch der Arbeit von LÜTCKE, KLUSSMANN und KAUFMANN zugrunde gelegt.
Auf Grund dieser Untersuchungen und der am Menschen erhobenen Befunde (88) in Übereinstimmung mit den Ergebnissen anderer Autoren (7, 8, 24) nehmen LÜTCKE, KLUSSMANN und KAUFMANN (50) an,"dass die Hautwasserabgabe des Menschen im Indifferenzbereich einen Diffusionsprozess darstellt und den gleichen Gesetzmässigkeiten gehorcht wie die Hautwasserabgabe des Hundes unter den gleichen Bedingungen."

C. Eigéne Untersuchungen zur Bestimmung der Perspiratio insensibilis

I. Bisher gebräuchliche Methoden

Zur Bestimmung der Perspiratio insensibilis wurden meistens Methoden angewendet, die eigentlich für die Bestimmung der Gesamthautwasserabgabe entwickelt worden waren. Durch niedrige Umgebungstemperaturen suchte man dabei die Perspiratio sensibilis und die Schweißsekretion auszuschalten bzw. zu verhindern. Die wichtigsten Methoden seien hier kurz dargestellt:

KUNO (41) verwendete ein Kastengerät, in das er einen kontrollierten Luftstrom schickte. Dieser wurde nach Durchströmen des Kastens durch U-Rohre mit getrocknetem Calcium geleitet, das die Luftfeuchtigkeit aufnahm. Durch Gewichtsunterschied der U-Rohre vor und nach dem Versuch wurde die Menge der Perspiratio bestimmt. Der gleiche Autor benutzte ausserdem flache Celluloidschalen, die der Haut aufgesetzt wurden und in denen sich Filterpapierstückchen befanden, deren Gewichtsdifferenz vor und nach dem Versuch das Ausmass der Perspiratio ergab.

BURCH (12) leitete einen Sauerstoffstrom durch eine der Haut aufliegende Kammer und fing den Wasserdampf in Aluminiumbehältern auf. In diesen wurde der Dampf durch Tiefkühlung zurückgehalten. Die Menge der Perspiratio ergab sich aus dem Gewichtsunterschied vor und nach dem Versuch.

PALMES (60) mass die Absorption von Infrarotstrahlen durch den Wasserdampf in einem Sauerstoffstrom, der über kleine Hautbezirke geleitet wurde.

FELSHER und ROTHMAN (19) entwickelten eine Methode speziell zur Bestimmung der Perspiratio insensibilis. Sie verwendeten kleine, mit Calciumchlorid gefüllte Beutel. Diese brachten sie in Glasglocken unter, die der Haut fest aufgesetzt werden konnten. Die

Gewichtszunahme der Beutel stellte die Menge der Perspiratio insensibilis dar.

BUETTNER (9, 10, 11) verwendete bei seinen Versuchen ein ähnliches Prinzip.

ROVENSKY und TOMAN (68) geben eine quantitative, kolorimetrische Kontaktmethode an, die auf der Tatsache beruht, dass kolloidales Eisenhydroxyd in einer Viscose-(Cellophan-)Folie unter Wasseraufnahme quillt und das Eisenhydroxyd dabei gleichzeitig mit einem ebenfalls aufgebrachten Phenol (Pyrogallol) unter Verfärbung reagiert.
Innerhalb eines bestimmten Bereiches besteht eine Beziehung zwischen Gewichtszunahme und Farbintensität.

SERAK und HYBASEK (71) stellten das Ausmass der Perspiratio insensibilis nach dem psychrometrischen Prinzip unter Verwendung von Thermistoren fest. Die Temperaturänderungen während der Passage der Luft, die eine verschiedene relative Feuchtigkeit besitzt, werden zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes benutzt. Als Indikator dieser Änderungen dient ein Mikro-Ampèremeter mit Verstärker.

WAGENER (83) hat eine elektrometrische Bestimmungsmethode ausgearbeitet. Die Änderung der relativen Feuchtigkeit in einem geschlossenen Kammersystem wird durch die feuchtigkeitsabhängige Änderung des Wechselstromwiderstandes von Lithiumchlorid festgestellt.

II. Prinzip der eigenen Bestimmungsmethode

Zur Bestimmung der Perspiratio insensibilis wurde eine Methode angewendet, die - ähnlich wie bei FELSHER und ROTHMAN - die Bindung von Wasser an hygroskopische Substanzen ausnutzt. Das Prinzip des wasserbindenden Systems ist folgendes:

Ein Beutel aus wasserdampfdurchlässiger Folie enthält die hygroskopische Substanz. Eine wasserdampfundurchlässige Folie, deren Grösse entsprechend dem zu untersuchenden Hautareal gewählt wird und die mit breiten Heftpflasterstreifen auf der Haut befestigt werden kann, schliesst den Beutel und die zu prüfende Oberfläche von der Umgebung ab.
Die Durchsichtigkeit der Folien ermöglicht eine optische Kontrolle in jeder Phase des Versuchs.
Die Menge der abgegebenen Feuchtigkeit wird durch die Gewichtsdifferenz des vor und nach dem Versuch gewogenen Beutels ermittelt.
Die Versuchsdauer kann ohne Schwierigkeiten beliebig lang gewählt werden, da das flache und relativ unauffällige System die Versuchsperson in keiner Weise belästigt. Allerdings ist das Prinzip dieser Bestimmungsmethode nicht ganz physiologisch, da die relative Feuchtigkeit in dem System nahe 0 ist; die natürliche relative Feuchtigkeit kann zwar schwanken, aber nie so extrem tiefe Werte erreichen.

III. Versuchsanordnung im einzelnen

1. Folien

Gemäss den Unterlagen der KALLE & Co. AG wurden neun Folien ausgewählt.*)
In entsprechenden Versuchsreihen wurden die Folien auf ihre Verwendbarkeit für den gewünschten Zweck getestet und aus den Versuchsergebnissen die beiden Folien für das System zusammengestellt.
Zur Folienprüfung wurde die folgende Versuchsanordnung benutzt:

Über die Öffnung eines Einkochglases (Inhalt: ca. 500 ccm) wird die zu prüfende Folie so ausgebreitet, dass sie dem breiten Schleifrand glatt aufliegt und rundherum ca. 2 cm übersteht. Darauf wird ein ebenfalls mit Schleifrand versehener Deckel (Inhalt: ca. 100 ccm) gesetzt. Um eine mög-

* Die Folien wurden dankenswerterweise von der KALLE & Co. AG in der benötigten Form und Anzahl kostenlos zur Verfügung gestellt.

lichst gute Abdichtung zu erzielen, werden die Schleifränder dünn mit Hahnfett eingerieben und der Deckel mit einer Metallspange am Glasrand fixiert.
Die eingespannte Folienfläche ist ca. 35 qcm gross.
Unter der Folie befindet sich im Glas eine hygroskopische Substanz (Magnesiumperchlorat oder Blaugel), auf der Folie im Deckelraum das Wasser. Die relative Feuchtigkeit ist im Deckelraum annähernd 100 %, unter der Folie nahe 0 % (genaue Werte bei der Prüfung der hygroskopischen Substanzen).
Für die Prüfung der Folien auf ihre Durchlässigkeit für Wasser bzw. Wasserdampf werden bestimmte Wassermengen vorgelegt. Aus dem Gewichtsverlust des vorgelegten Wassers wird die durchgelassene Wassermenge ermittelt.
Auch eine ganz geringe Durchlässigkeit der Folien, allerdings für ein Gas, lässt sich auf eine elegante Art nachweisen:

Anstelle von Wasser werden Formollösungen vorgelegt, als hygroskopisches Mittel wird Chromotrop-Schwefelsäure verwendet, die Formol sofort aufnimmt, was auch schon bei kleinen Mengen makroskopisch an einer Violettfärbung des Säuregemisches zu erkennen ist.
Nach der Methode von FRISELL, MEECH und MACKENZIE zur Bestimmung des Formaldehyds (27) lassen sich auch kleinste Formolmengen dementsprechend photometrisch bestimmen. Das nachgewiesene Formol lässt dann - allerdings nur gewisse - Rückschlüsse auf die durchgelassene Wassermenge zu.

Zuerst wurden die 9 Folien auf ihre Durchlässigkeit für Wasser bzw. Wasserdampf geprüft. Zu diesem Zweck wurde eine gewichtsmässig genau bestimmte Wassermenge (1,0 ml) vorgelegt und dann nach Beendigung des Versuches gewogen, und zwar mit Hilfe von Filterpapierstückchen. Die Gewichtsdifferenz ergab dann die durchgelassene Wassermenge.

Die Durchschnittsergebnisse der Versuchsreihen sind in Tabelle 1 und Abb. 4 zusammengestellt.

Verwendete Folie (Folienstärke)		Durchgelassene Wassermenge in g		in %
Acetat N 30	(0,030 mm)	0,976	(0,980) (0,972) (0,975)	97,6
Acetat N 40	(0,040 mm)	0,855	(0,852) (0,857) (0,855)	85,5
MST	(0,025 mm)	0,100	(0,100) (0,098) (0,103)	10,0
MSAT	(0,025 mm)	0,059	(0,061) (0,062) (0,053)	5,9
Hostaphan PE	(0,060 mm)	0,054	(0,053) (0,060) (0,050)	5,4
V 57 N 15	(0,015 mm)	0,043	(0,047) (0,043) (0,040)	4,3
V 57 N 20	(0,020 mm)	0,037	(0,036) (0,035) (0,039)	3,7
V 57 N 30	(0,030 mm)	0,032	(0,030) (0,031) (0,036)	3,2
V 57 N 40	(0,040 mm)	0,014	(0,013) (0,017) (0,013)	1,4

Tabelle 1

Prüfung verschiedener Folien auf ihre Durchlässigkeit für Wasser bzw. Wasserdampf.
Versuchsdauer: 24 Stunden
Umgebungstemperatur: 18 - 23°C
Vorgelegte Wassermenge: 1,0 ml

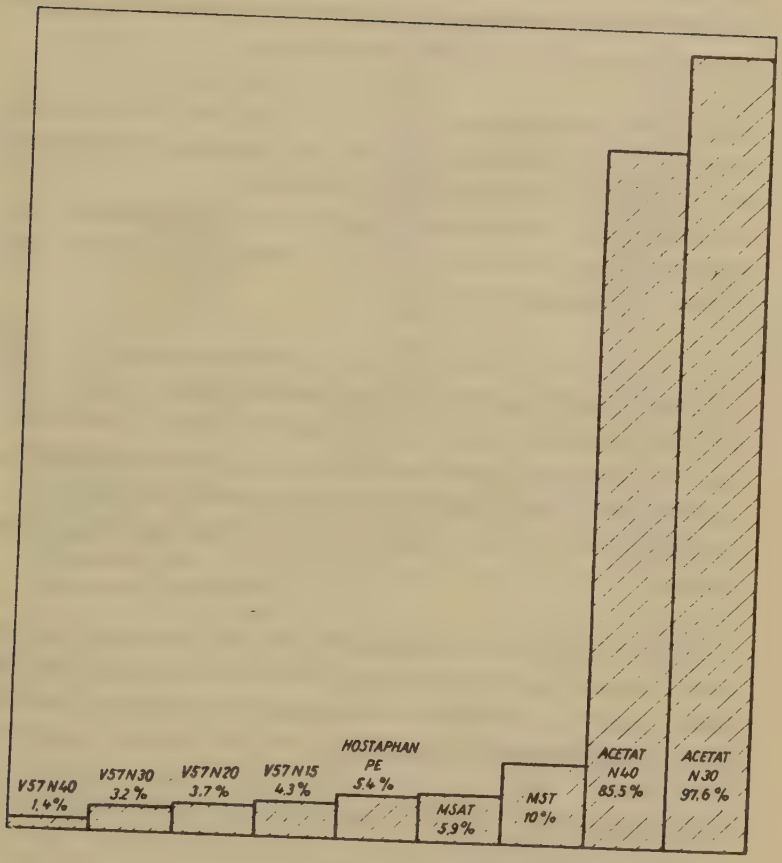

Abb. 4

Durchlässigkeit verschiedener Folien für Wasser bzw. Wasserdampf in % der vorgelegten Menge
Versuchsdauer: 24 Stunden
Umgebungstemperatur: 18 - 23°C
Vorgelegte Menge: 1,0 ml

Die Folien V 57 N 40 mit der geringsten und Acetat N 30 mit der grössten Durchlässigkeit zeigten die im Hinblick auf den Verwendungszweck günstigsten Ergebnisse.

In weiteren Versuchsreihen wurde die Durchlässigkeit dieser beiden Folien in Abhängigkeit von der vorgelegten Wassermenge und von der Umgebungstemperatur getestet.
Die Ergebnisse der Versuchsreihen über die Abhängigkeit von der vorgelegten Wassermenge sind in Tabelle 2 enthalten und in Abb. 5 graphisch dargestellt.

Während Acetat N 30 eine Durchlässigkeitssteigerung bei Erhöhung der vorgelegten Wassermenge erkennen lässt, zeigt V 57 N 40 eine unbeeinflusste, gleichbleibend geringe Durchlässigkeit. Die Durchlässigkeitssteigerung von Acetat N 30 hält jedoch nicht mit der vorgelegten Menge Schritt, so dass bei einer vorgelegten Menge von 10,0 ml nur 2,247 ml durchgelassen werden.

Die Abhängigkeit der beiden Folien von der Umgebungstemperatur in bezug auf ihre Durchlässigkeit für Wasser bzw. Wasserdampf wurde in parallellaufenden Versuchsreihen untersucht, und zwar bei Zimmertemperatur zwischen 18°C und 23°C und im Wärmschrank bei 39°C.
Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 und Abb. 6 zusammengefasst.

Vorgelegte Wassermenge in g	Durchgelassene Wassermenge in g	
	V 57 N 40	Acetat N 30
0,5	0,014	0,500
1,0	0,017	0,962
2,0	0,016	1,236
3,0	0,014	1,494
4,0	0,018	1,731
5,0	0,031	1,904
6,0	0,015	1,972
7,0	0,023	2,044
8,0	0,015	2,114
9,0	0,017	2,170
10,0	0,019	2,247

Tabelle 2

Prüfung der Folien V 57 N 40 und Acetat N 30 auf ihre Durchlässigkeit für Wasser bzw. Wasserdampf in Abhängigkeit von der vorgelegten Menge
Versuchsdauer: 24 Stunden
Umgebungstemperatur: 18 - 23°C

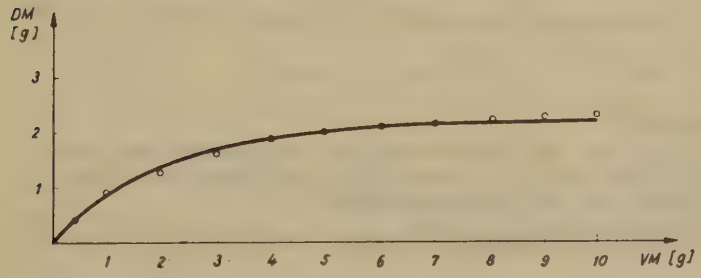

Abb. 5

Durchlässigkeit von Acetat N 30 für Wasser bzw. Wasserdampf in Abhängigkeit von der vorgelegten Menge (VM = vorgelegte Menge; DM = durchgelassene Menge)
Versuchsdauer: 24 Stunden
Umgebungstemperatur: 18 - 23°C

Umgebungs-temperatur	Durchgelassene Wassermenge in g	
	V 57 N 40	Acetat N 30
18 - 23°C	0,0195	0,9830
	0,0465	1,0000
	0,0040	0,7725
	0,0210	0,7565
	0,0160	0,9320
	0,0165	0,9605
39°C	0,1100	1,0000
	0,0725	1,0000
	0,0230	1,0000 *
	0,0320	1,0000
	0,0685	1,0000
	0,0580	1,0000

Tabelle 3

Prüfung der Folien V 57 N 40 und Acetat N 30 auf ihre Durchlässigkeit für Wasser bzw. Wasserdampf in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur
Versuchsdauer: 24 Stunden
Vorgelegte Wassermenge: 1,0 ml

* Bei einer Umgebungstemperatur von 39°C wurde von der Acetat N 30-Folie in allen 6 Versuchen die gesamte vorgelegte Wassermenge (1,0 ml) durchgelassen. Dieses Ergebnis vermittelt jedoch keinen echten Eindruck von der Wasserdurchlässigkeit dieser Folie, da in den Versuchen nicht die grösstmögliche durchgelassene Wassermenge ermittelt wurde.

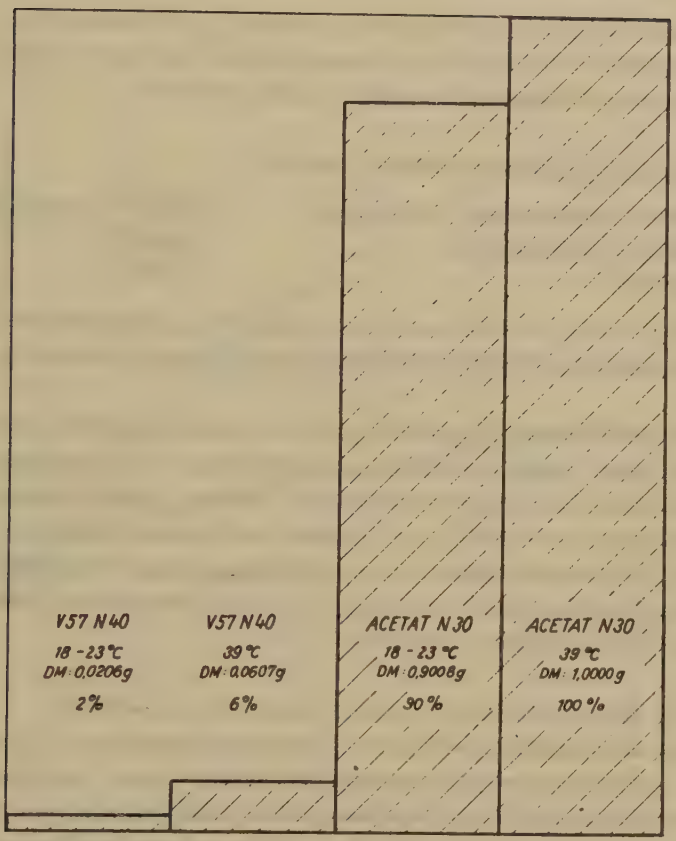

Abb. 6

Durchlässigkeit von V 57 N 40 und Acetat N 30 für Wasser bzw. Wasserdampf in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur
Versuchsdauer: 24 Stunden
Vorgelegte Wassermenge: 1,0 ml

2. Zur Bestimmung der Perspiratio insensibilis verwendete hygroskopische Substanzen

Magnesiumperchlorat und Blaugel wurden als Trockenmittel ausgewählt, da für den vorliegenden Fall nur feste, nicht toxische Substanzen verwendet werden konnten.

Magnesiumperchlorat (MERCK) $Mg(ClO_4)_2$

Im Gas verbleibende Feuchtigkeit	2×10^{-3} mg H_2O/l
Relative Feuchtigkeit	1×10^{-2} %
Taupunkt	- 70°C

(Werte aus: Methoden der organischen Chemie (HOUBEN-WEYL), Allgemeine Laboratoriumspraxis, Georg Thieme, Stuttgart, 1959)

Das Wasseraufnahmevermögen wurde im Versuch geprüft. Zu diesem Zweck wurde eine genau gewogene Menge der zu prüfenden Substanz (5 g Magnesiumperchlorat) in eine feuchte Kammer gebracht und bei 20°C 10 Stunden lang stehen gelassen. Alle 60 Minuten wurde eine Gewichtsbestimmung durchgeführt. Die Gewichtszunahme wurde auch bei 39°C (Thermostat, sonst gleiche Anordnung) geprüft.

Die Ergebnisse sind in Abb. 7 graphisch dargestellt. Das Wasseraufnahmevermögen von Magnesiumperchlorat ist nach einem anfangs steilen Anstieg im Verlaufe eines 10-Stunden-Versuches etwa gleichbleibend. Durch eine Erhöhung der Umgebungstemperatur kann das Wasseraufnahmevermögen heraufgesetzt werden, so dass auch nach 10 Stunden noch eine relativ hohe Gewichtszunahme zu verzeichnen ist.

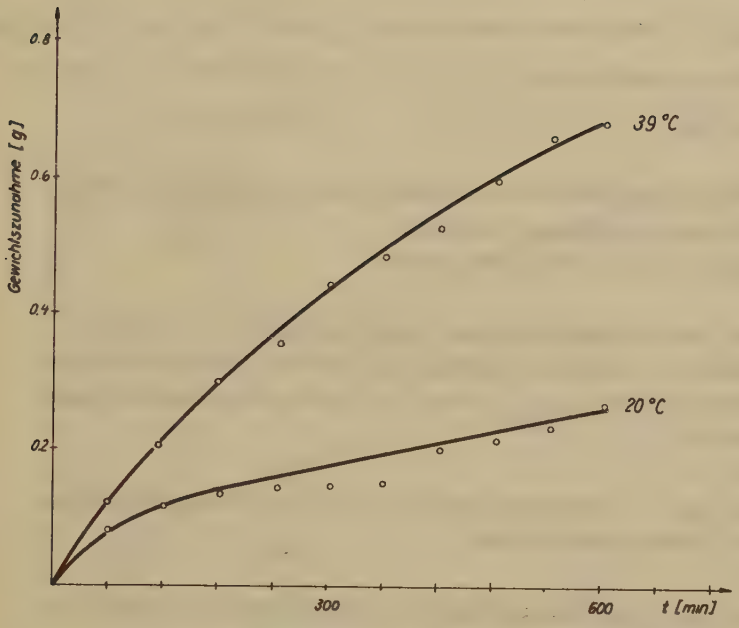

Abb. 7

Prüfung des Wasseraufnahmevermögens von Magnesiumperchlorat in Abhängigkeit von der Zeit bei verschiedenen Umgebungstemperaturen und einer relativen Feuchtigkeit von 100 %
Versuchsdauer: 10 Stunden
Magnesiumperchloratmenge: 5 g

Kieselgel mit Feuchtigkeitsindikator (Blaugel)

(RIEDEL-deHAEN) SiO_2

Im Gas verbleibende Feuchtigkeit	2×10^{-3} bis 3×10^{-2} mg H_2O/
Relative Feuchtigkeit	1×10^{-2} bis $1{,}5 \times 10^{-1}$ %
Taupunkt	$-70^{\circ}C$ bis $-50^{\circ}C$

(Werte aus: Methoden der organischen Chemie (HOUBEN-WEYL) Allgemeine Laboratoriumspraxis, Georg Thieme, Stuttgart, 1959)

Das Wasseraufnahmevermögen wurde gleichfalls im Versuch geprüft - Versuchsanordnung wie bei der Prüfung von Magnesiumperchlorat (s.d.) - und ist in Abb. 8 graphisch dargestellt.

Es zeigt ein ähnliches Verhalten wie das Aufnahmevermögen von Magnesiumperchlorat.

Im Laufe der Untersuchungen zur Bestimmung der Perspiratio insensibilis wurden beide Trockenmittel benutzt.

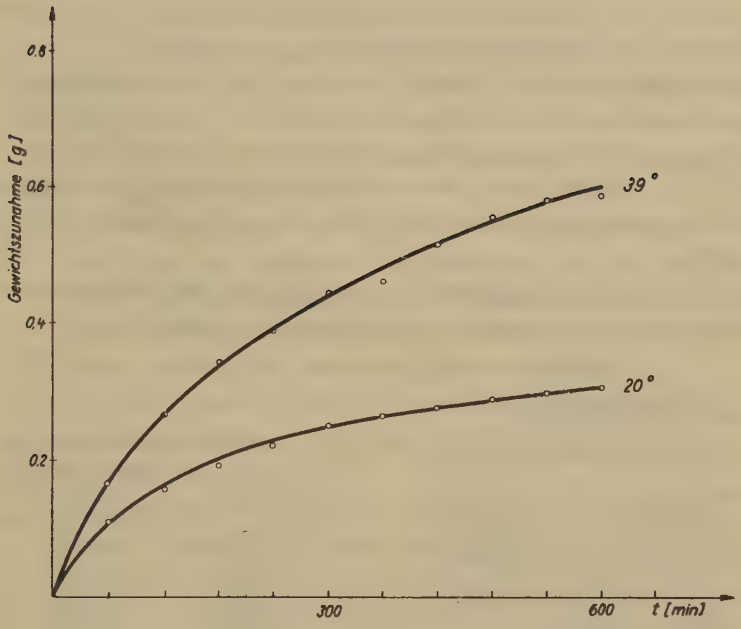

Abb. 8

Prüfung des Wasseraufnahmevermögens von Blaugel in Abhängigkeit von der Zeit bei verschiedenen Umgebungstemperaturen und einer relativen Feuchtigkeit von 100 %
Versuchsdauer: 10 Stunden
Blaugelmenge: 5 g

IV. Bestimmung der Perspiratio insensibilis unter verschiedenen Bedingungen

Mit dem in den Vorversuchen zusammengestellten System wurde die Bestimmung der Perspiratio insensibilis vorgenommen.
Ein kleiner Beutel aus Acetat N 30-Folie, der 10 g Trockenmittel, Magnesiumperchlorat oder Blaugel, enthielt, wurde auf die Haut des inneren Unterarms gelegt und darüber ein 100 qcm grosses Stück V 57 N 40-Folie mit breiten Heftpflasterstreifen befestigt. Die Umgebungstemperatur lag bei allen Versuchen zwischen 18°C und 23°C.
Alle Perspirationsbestimmungen - mit Ausnahme der Prüfung nach Atropininjektion - wurden im Selbstversuch durchgeführt.

1. Normalbedingungen

Unter Normalbedingungen ist hierbei zu verstehen, dass die Bestimmung an gesunder Unterarmhaut vorgenommen wurde, die in keiner Weise vorbehandelt war.
Die für die Haut des Unterarmes gefundenen Werte sind in Tabelle 4 zusammengestellt. Auch die Grösse der Perspiratio insensibilis über einer 50 qcm grossen Fläche der Hohlhand wurde geprüft. Die Werte sind ebenfalls in Tabelle 4 eingetragen.
Die Versuchsergebnisse zeigen, dass die Perspiratio insensibilis an der Handfläche 5 bis 6 mal so gross ist wie am Unterarm.

Unterarm 100 qcm	Handfläche 50 qcm
0,052	0,167
0,053	0,141
0,056	0,157
0,058	0,158
0,052	0,148
0,052	0,152
0,055	0,153
0,057	0,164
0,056	0,151
0,053	0,158

Tabelle 4

Von der Hautfläche unter Normalbedingungen abgegebene Wassermenge in g/h
Versuchsdauer: 1 Stunde
Umgebungstemperatur: 18-23°C

2. Einflüsse der Hauttemperatur

Die Hauttemperaturen betrugen unter normalen Bedingungen am Unterarm und an der Handfläche 30,6°C bis 31,8°C. Der Einfluss von Hauttemperaturänderungen auf die Grösse der Perspiratio insensibilis wurde geprüft.
Die Messung der Hauttemperaturen wurde mit einem AAP-Elektro-Tast-Thermometer - Messbereich 20°C bis 40°C - vorgenommen.
Die Änderung der Hauttemperaturen wurde auf direktem und indirektem Wege erreicht.

a) Direkte Änderung: Über die auf dem Unterarm bzw. der Handfläche befestigte Folie wurde eine Eisblase gelegt. Beide Hautareale reagierten auf diese direkte Abkühlung mit einem deutlichen Absinken der Hauttemperatur und einer Verringerung der Perspiratio insensibilis.

b) Indirekte Änderung: Bei der indirekten Methode wurde die Hauttemperatur durch konsensuelle Erwärmung bzw. Abkühlung geändert.
Das Ausmass der konsensuellen Erwärmung bzw. Abkühlung wurde in einem Vorversuch thermometrisch objektiviert: Der rechte Arm wurde in ein Wasserbad getaucht von 45°C; die Hauttemperatur stieg in 15 Minuten am rechten Arm von 30,2°C auf 35,2°C und am linken Arm von 30,2°C auf 32,3°C an. Bei einer Wasserbadtemperatur von 13,5°C sank die Hauttemperatur in 15 Minuten am rechten Arm von 31,4°C auf 25,4°C und am linken Arm von 31,4°C auf 30,0°C ab.
Die Versuche zur Bestimmung der Perspiratio insensibilis wurden so durchgeführt, dass der rechte Arm in ein Wasserbad von 45°C bzw. 13°C getaucht und die Versuchsanordnung in typischer Weise am linken Arm befestigt wurde. Bei der konsensuellen Erwärmung zeigte sich am Unterarm ein Schweissausbruch, an der Handfläche keine Reaktion. Die konsensuelle Abkühlung hatte am Unterarm und an der Handfläche eine Erniedrigung der Perspiratio-Werte zur Folge, die jedoch nicht so stark war wie bei der direkten Abkühlung.

Die Versuchsergebnisse wurden in Tabelle 5 zusammengestellt.

Versuchsbedingungen	Hautfläche qcm	Abgegeb. Wassermenge in g/h	Hauttemperaturen über	vor dem Versuch	nach dem Versuch
Wasserbad 45°C indir. Erwärmung	100 Unterarm	0,6170 (Schweißausbruch)	r.Arm	30,6°C	35,0°C
			l.Arm	31,4°C	31,4°C
	50 Handfläche	0,1585	r.Hand	31,8°C	35,2°C
			l.Hand	30,6°C	32,4°C
Wasserbad 13°C indir. Abkühlung	100 Unterarm	0,0470	r.Arm	31,2°C	30,8°C
			l.Arm	31,4°C	31,0°C
	50 Handfläche	0,1085	r.Hand	31,0°C	unter 20,0°C
			l.Hand	30,8°C	unter 20,0°C
Eisblase direkte Abkühlung	100 Unterarm	0,0381	r.Arm	keine Messg.	keine Messung
			l.Arm	31,4°C	unter 20,0°C
	50 Handfläche	0,0754	r.Hand	keine Messung	keine Messung
			l.Hand	30,7°C	unter 20,0°C

Tabelle 5

Von der Hautfläche bei Änderung der Hauttemperatur abgegebene Wassermenge in g/h
Versuchsdauer: 1 Stunde
Umgebungstemperatur: 18 - 23°C

3. Einfluss einer Behandlung der Haut mit verschiedenen Lösungsmitteln bzw. an- und kationaktiven Waschmittelflotten

Vor der Bestimmung der Perspiratio insensibilis wurde die zu prüfende Hautregion mit verschiedenen Lösungsmitteln bzw. an- und kationaktiven Waschmittelflotten gewaschen. Dabei wurde der gesamte Unterarm bis über den Ellenbogen in die Flüssigkeit getaucht.
Als Waschflüssigkeiten wurden Äther, Natrium-Laurylsulfat (technisch; 0,2 %) und Zephirol (R) (0,2 %) sowie Kombinationen dieser drei im Sinne von aufeinanderfolgenden Waschungen verwendet. Die Einwirkungsdauer betrug für Äther 1,5 Minuten, für Laurylsulfat und Zephirol 10 Minuten. Die Bestimmung der Perspiratio insensibilis wurde sofort im Anschluss an die Waschungen vorgenommen, nachdem die gewaschenen Hautpartien sorgfältig abgetrocknet worden waren. Die Ergebnisse aus den Versuchsreihen sind in Tabelle 6 zusammengestellt.

Die im Anschluss an die Waschungen durchgeführten Versuche zeigen - verglichen mit den unter Normalbedingungen angestellten Tests - eine deutlich erhöhte Perspirationsrate. Wurden die Hautpartien zwischen Waschung und Bestimmung geföhnt, so war die Erhöhung der Perspiratio-Werte etwas geringer. Es erscheint möglich, dass es durch die Waschungen zu Quellungsvorgängen kommt, die durch die Föhnbehandlung rückgängig gemacht werden können. Die tatsächlich durch die Waschungen bedingte Erhöhung der Perspiratio insensibilis wäre dann also etwas geringer.

Unterarm 100 qcm		Verwendete Waschlösung und Einwirkungsdauer	
0,0685	(0,0700) (0,0670) (0,0680)	Äther	3 x 1,5'
0,0760	(0,0785) (0,0725) (0,0775)	Zephirol	1 x 10'
0,0742	(0,0710) (0,0780) (0,0735)	Laurylsulfat	1 x 10'
0,0737	(0,0760) (0,0720) (0,0730)	Äther Zephirol	3 x 1,5' 1 x 10'
0,0750	(0,0770) (0,0730) (0,0755)	Äther Laurylsulfat	3 x 1,5' 1 x 10'
0,0685	(0,0680) (0,0690) (0,0685)	Zephirol Äther	1 x 10' 3 x 1,5'
0,0673	(0,0660) (0,0685) (0,0670)	Laurylsulfat Äther	1 x 10' 3 x 1,5'
0,0840	(0,0885) (0,0830) (0,0805)	Zephirol Laurylsulfat	1 x 10' 1 x 10'
0,0800	(0,0795) (0,0825) (0,0780)	Laurylsulfat Zephirol	1 x 10' 1 x 10'
0,0751	(0,0710) (0,0780) (0,0765)	Äther Laurylsulfat Zephirol	3 x 1,5' 1 x 10' 1 x 10'
0,0800	(0,0805) (0,0780) (0,0820)	Äther Zephirol Laurylsulfat	3 x 1,5' 1 x 10' 1 x 10'
0,0710	(0,0695) (0,0725) (0,0705)	Zephirol Laurylsulfat Äther	1 x 10' 1 x 10' 3 x 1,5'
0,0720	(0,0700) (0,0730) (0,0725)	Laurylsulfat Zephirol Äther	1 x 10' 1 x 10' 3 x 1,5'

Tabelle 6

Von der Hautfläche nach vorheriger Waschung mit best.Waschmitteln und deren Kombinationen abgegeb.Wassermenge in g/h (Zahlenwerte stellen Durchschn.d.inKlammern ang.Vers._Erg.dar) Versuchsdauer: 1 Stunde; Umgebungstemperatur: 18 - 23°C

4. Atropinisierung

Die Schweißsekretion - auch die invisible - kann durch Atropin unterbunden werden (64). Nach subkutaner Injektion von 1 mg Atropin wurde die Perspiratio insensibilis am normalen und am mit verschiedenen Waschlösungen vorbehandelten Unterarm bestimmt.
Die Durchschnittswerte der Versuchsergebnisse an 3 Versuchspersonen zeigt Tabelle 7.

Versuchsbedingungen	Unterarm (100 qcm)	
Normalbedingungen	0,055	(0,060) (0,054) (0,052)
Ätherwaschung	0,067	(0,070) (0,069) (0,060)
Zephirolwaschung	0,073	(0,073) (0,077) (0,070)
Laurylsulfatwaschung	0,075	(0,078) (0,070) (0,076)

Tabelle 7

Von der Hautfläche unter verschiedenen Bedingungen abgegebene Wassermenge in g/h nach subkutaner Injektion von 1 mg Atropin
Versuchsdauer: 1 Stunde
Umgebungstemperatur: 18 - 23°C

Die Atropinisierung hat, wie sich aus Tabelle 7 ergibt, auf die Perspiratio insensibilis keinen Einfluss im Sinne einer Erniedrigung. Auch die nach Vorbehandlung mit den verschiedenen Waschlösungen unter Atropin erhaltenen Werte unterscheiden sich nicht von den Ergebnissen, die ohne Atropin gefunden wurden.

V. Diskussion der Versuchsergebnisse

1. Allgemeine Werte

Die Perspiratio insensibilis beträgt bei einer Umgebungstemperatur zwischen 18 und 23°C in 1 Stunde für 100 qcm Hautfläche des inneren Unterarms 55,0 mg (Durchschnittswert der Versuchsergebnisse) und für 100 qcm Hautfläche der Innenhand 310,0 mg (Durchschnittswert der Versuchsergebnisse).
Die Perspirationsrate ist demnach an der Handfläche 5 bis 6 mal so gross wie am Unterarm. Diese Tatsache deckt sich mit der von KUNO (28, 41) vorgeschlagenen Einteilung der Haut in Perspirationszonen auf Grund verschieden hoher Wasserabgabe. Die hohen Werte für die Perspiratio insensibilis an den Palmar- und Plantarflächen führt MALI (52, 53) darauf zurück, dass die Perspiratio insensibilis in diesen Regionen fast ausschliesslich durch die Schweissdrüsenausführungsgänge erfolgt.

Menge der Perspiratio insensibilis in g/qm/h		nach Untersuchungen von:
Unterarm	Handfläche	
17,6	90,0	BURCH und SODEMANN (12)
10,8	63,6	HERTZMAN, RANDALL, PEISS und SECKENDORF (26)
8,4	44,4	KUNO (42)
5,5	31,0	eigene Befunde

Tabelle 8

Zusammenstellung der Werte für die Perspiratio insensibilis an der Handfläche und am Unterarm nach verschiedenen Autoren

Beim Vergleich der eigenen Versuchsergebnisse mit denen anderer Autoren (Tabelle 8) fallen zwei Tatsachen auf:

1. Die Werte sind insgesamt sehr unterschiedlich; sie schwanken nämlich am Unterarm zwischen 5,5 und 17,6 g/qm/h und an der Handfläche zwischen 31,0 und 90,0 g/qm/h. Das Verhältnis von 1: 5 bzw. 1:6 der Perspiratio-Rate an Unterarm und Handfläche ist allerdings immer erhalten.

2. Die eigenen Werte liegen am niedrigsten. Es erhebt sich die Frage, ob die Perspiratio insensibilis tatsächlich so gering ist, oder ob der Fehler in der Untersuchungsmethode liegt.

Zum Vergleich seien die Methoden und Versuchsbedingungen der anderen Autoren kurz skizziert:

BURCH und SODEMAN (12) führten 691 Versuche an 46 Versuchspersonen durch. Dabei wurde Sauerstoff durch auf der Haut befestigte Kammern geleitet und dann in Alu-Behältern durch Gefrieren dem Sauerstoff die Feuchtigkeit entzogen (s.a.oben). Die Versuchsdauer betrug 15 Minuten, die Umgebungstemperatur lag zwischen 24 und 40°C. Die Autoren fanden in ihren Versuchsergebnissen keine rassisch oder geschlechtsbedingten Unterschiede.

HERTZMAN, RANDALL, PEISS und SECKENDORF (26) benutzten kleine Metallkapseln mit CALCIUMCHLORID für ihre 61 Versuche an 22 Versuchspersonen. Die Versuchsdauer betrug 3 Stunden, die Umgebungstemperatur lag zwischen 24 und 38°C.

KUNO (42) stellte einige hundert Versuche an zahlreichen Versuchspersonen an. Dazu verwendete er Celluloidkapseln, durch die ein Luftstrom floss, der in mit Calciumchlorid gefüllten U-Rohren getrocknet wurde. Die Versuchsdauer betrug 5 Minuten, die Umgebungstemperatur lag zwischen 20 und 40°C.

Die eigenen Versuche wurden nach der oben eingehend beschriebenen Methode an 1 Versuchsperson (nur beim Atropin-Versuch an 3 Versuchspersonen) vorgenommen. Die Versuchsdauer betrug 1 Stunde, die Umgebungstemperatur lag zwischen 18 und 23°C.

Hemmende Faktoren innerhalb der Versuchsanordnung scheinen nicht vorzuliegen: Die von der V 57 N 40-Folie durchgelassene Wassermenge ist vernachlässigbar klein, 1,9 g/qm in 24 Stunden bei 30°C und 90 % relat. Luftfeuchtigkeitsgefälle (von der Firma KALLE angegebener Wert), was bei einer Versuchsdauer von 1 Stunde für 100 qcm eine Durchlässigkeit von 0,8 mg bedeuten würde. Der angegebene Wert deckt sich mit dem Versuchsergebnis aus Tabelle 1, in der die Wasserdampfdurchlässigkeit von V 57 N 40 bei 1,4 g/qm/24 h liegt. Die Wasserdampfdurchlässigkeit von Acetat N 30 hingegen mit 666 g/qm/24 h (von der Firma KALLE angegebener Wert), was für 1 Stunde und 100 qcm 0,277 g ausmachen würde, ist hoch genug, um auch eine Perspiratio-Menge von 17,6 g/qm/h wie bei BURCH und SODEMAN aufzunehmen.
Auch die hygroskopischen Substanzen (Blaugel und Magnesiumperchlorat) dürfen auf Grund der Versuche als für die Untersuchungen suffizient angesehen werden.
Eine besonders niedrige Perspiratio insensibilis der Versuchsperson scheidet aus, da im Atropinversuch die Werte von 3 verschiedenen Versuchspersonen keine auffallenden Unterschiede zeigten und alle um 5,5 g/qm/h lagen.
Die Umgebungstemperatur dürfte bei der Ventilierung der Frage nach der Höhe der Perspiratio insensibilis die entscheidende Rolle spielen. Während die anderen Autoren ihre Versuche bei 24°C und mehr Umgebungstemperatur - also oberhalb des sogenannten Indifferenzbereiches - durchführten, wurden die eigenen Untersuchungen bei einer Umgebungstemperatur zwischen 18 und 23°C - also innerhalb des sogenannten Indifferenzbereiches - vorgenommen. Die Tatsache, dass nach ZÖLLNER, THAUER und KAUFMANN (37, 38, 39, 50, 78, 79, 87, 88) oberhalb des Indifferenzbereiches die Sudoratio invisibilis berücksichtigt werden muss, dürfte den Unterschied erklären. Nach KUNO (42) ist die Perspiratio insensibilis kurz vor dem Ausbruch der Schweißsekretion, d.h. bei etwa 29°C, fast doppelt so hoch wie bei 20°C.

Zu berücksichtigen wäre ferner die Tatsache, dass die anderen Autoren ihre Versuche in subtropischen Gebieten durchführten. Nach KUNO (42) bestehen nämlich bei den einzelnen Menschen Unterschiede in der Gesamtzahl der Schweissdrüsen, und zwar dergestalt, dass Bewohner südlicherer Gebiete mehr Schweissdrüsen haben als Nordländer. KUNO nimmt an, dass es sich dabei um ein Anpassungsphänomen handelt. Bei den südlicher wohnenden Versuchspersonen dürfte demnach eine höhere Schweissdrüsengesamtzahl und damit auch eine verstärkte Sudoratio invisibilis oberhalb des Indifferenzbereiches angenommen werden.
Auch das Ergebnis des Atropinversuches (s. unten) spricht dafür, dass bei den eigenen, im Indifferenzbereich angestellten Versuchen nur die "tatsächliche Perspiratio insensibilis" (15) oder die "transepidermale Wasserabgabe" (64) erfasst wurde. Andererseits darf angenommen werden, dass selbst diese Werte eher an der oberen Grenze liegen, da in dem vorliegenden System - wie schon erwähnt - die relative Feuchtigkeit nahe 0, also unphysiologisch niedrig ist und dadurch die Hautwasserabgabe eher noch verstärkt werden dürfte.

2. Einflüsse von Hauttemperaturänderungen

Änderungen der Hauttemperatur im Sinne einer Erhöhung bzw. einer Erniedrigung beeinflussen die Perspiratio insensibilis.
Direkte Erniedrigung - Eisblase - lässt die Wasserabgabe an Unterarm und Handfläche absinken. Indirekte Erniedrigung der Hauttemperatur - konsensuell - bewirkt am Unterarm und an der Handfläche eine Verminderung der Perspiratio. Indirekte Erhöhung - konsensuell - hat am Unterarm eine starke Erhöhung der Wasserabgabe (Schweissausbruch) zur Folge. An der Handfläche zeigt sich keine Beeinflussung im Sinne einer Erhöhung.

Diese Ergebnisse decken sich mit denen von ZÖLLNER, THAUER und KAUFMANN (37, 38, 39, 50, 78, 79, 87, 88).
Nach diesen Autoren ist eine deutliche Abhängigkeit der Hautwasserabgabe von der Hauttemperatur nachweisbar in dem Sinne, dass höhere Hauttemperaturen bei gleichem Wasserdampfdruck der umgebenden Luft zu höheren Gewichtsverlusten durch die Haut führen.
Die Tatsache, dass die Perspiratio an der Handfläche mit zunehmender Hauttemperatur nicht ansteigt, dürfte dadurch erklärt werden, dass die Handflächen und Fußsohlen nicht an der thermoregulatorischen Hautwasserabgabe teilnehmen (KUNO, 42).
Das Verhalten der Hauttemperatur bei diesen Versuchen bedarf noch einer Erwähnung. Während bei dem nur 15 Minuten dauernden Vorversuch die Hauttemperatur am rechten Arm, der im 45°C warmen Wasserbad lag, von 30,2°C auf 35,2°C und am linken Arm, an dem die konsensuelle Erwärmung objektiviert werden sollte, von 30,2°C auf 32,3°C anstieg, fand sich in dem 60 Minuten währenden Hauptversuch am rechten Arm eine Hauttemperaturerhöhung von 30,6°C auf 35,0°C und am linken Arm eine gleichbleibende Hauttemperatur von 31,4°C; allerdings kam es am linken Arm zu einem Schweissausbruch. Als Erklärung dürfte die Tatsache dienen, dass die Hauttemperatur nach anfänglichem Anstieg durch den Schweissausbruch und die damit verbundene verdunstungsbedingte Abkühlung wieder ihren Ausgangswert erreichte. Bei dem 15-minütigen Vorversuch konnte es nicht zu diesem Abfall der Hauttemperatur über die Schweißsekretion kommen, da das thermoregulatorische Schwitzen erst nach einer Latenzzeit von 15 bis 30 Minuten einsetzt (42), bedingt durch die langsame Ansprechbarkeit des dafür zuständigen Zentrums im Grosshirn. (Im Gegensatz dazu setzt der psychisch bedingte Schweissausbruch sofort ein.)

Bei der konsensuellen Erniedrigung der Hauttemperatur durch ein Wasserbad von 13°C sank die Hauttemperatur im Vorversuch (15 Minuten) am rechten Arm von 31,4°C auf 25,4°C und am linken Arm von 31,4°C auf 30,0°C, während beim Hauptversuch (60 Minuten) jeweils nur eine Erniedrigung um 0,4°C am rechten Arm von 31,2°C auf 30,8°C und am linken Arm von 31,4°C auf 31,0°C erfolgte.
Ob es sich dabei um eine lokale oder um eine zentrale Gegenregulation handelte, ist nicht mit Sicherheit zu entscheiden. Die zentrale Ursache hätte wegen der auch hier wieder feststellbaren Latenz die grössere Wahrscheinlichkeit für sich.

3. Einfluss einer Behandlung der Haut mit Lösungsmitteln bzw. an- und kationaktiven Waschmittelflotten

Behandlung der Haut mit den verschiedenen Waschlösungen bewirkt eine Erhöhung der Perspiratio insensibilis. Wahrscheinlich beruht diese Tatsache auf einer Beeinflussung der Haut- und Barrierenlipoide durch die Lösungen im Sinne einer Durchlässigkeitssteigerung der Haut für Wasserdampf.
Es scheint darüber hinaus möglich zu sein, dass ein Teil dieser Erhöhung als Ausdruck von Quellungsvorgängen zu deuten ist. Wurde die zu untersuchende Hautfläche nach den Waschungen geföhnt und dann erst die Perspiratio-Bestimmung angeschlossen, so waren die Werte nicht so stark erhöht. Eingehendere diesbezügliche Untersuchungen wurden jedoch im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht angestellt.

4. Einfluss einer Atropininjektion

Atropinisierung der Versuchsperson führte - wie bereits erwähnt - keine Änderung der Werte für die Perspiratio insensibilis unter den gewählten Versuchsbedingungen herbei. Daraus würde sich ergeben, dass in dem Temperaturbereich

zwischen 18 und 23°C keine invisible Schweißsekretion vorliegt, die ja durch Atropin unterdrückt werden könnte. Das entspricht den Ergebnissen von ZÖLLNER, THAUER und KAUFMANN, die im Indifferenzbereich eine invisible Schweißsekretion als Teil der Perspiratio insensibilis für nicht wahrscheinlich halten, sondern annehmen, dass es sich bei der Wasserabgabe um einen reinen Diffusionsprozess handelt.

VI. Zusammenfassung

A. Orientierende Darstellung einiger elementarer Daten zur Anatomie und Physiologie der Haut.

B. Es wurden Betrachtugen zur Wasserabgabe durch die Haut - speziell zur Perspiratio insensibilis - angestellt und eine kurze Übersicht unserer Kenntnisse über dieses Problem gegeben.

C. Den eigenen Untersuchungen zur Bestimmung der Perspiratio insensibilis wurden Hinweise auf die bis 1960/62 angewendeten Bestimmungsmethoden vorangestellt. Die eigenen quantitativen Bestimmungen basierten auf der Gewichtszunahme von Magnesiumperchlorat bzw. Blaugel in wasserdurchlässiger Folie durch H_2O-Dampf-Abgabe eines mit undurchlässiger Folie bedeckten Hautgebietes.
Als Durchschnittswerte der Perspiratio insensibilis bei einer Umgebungstemperatur von 18 bis 23°C und einer Versuchsdauer von 1 Stunde wurden vorwiegend im Selbstversuch für 100 qcm Hautfläche des inneren Unterarmes 55 mg und für 100 qcm Hautfläche der inneren Hand 300 mg gefunden.
Es wurde der Einfluss der Hauttemperatur auf die Perspiratio insensibilis untersucht. Direkte und indirekte Abkühlung der Versuchsflächen ergaben eine Verminderung der Perspiratio-Rate. Bei indirekter konsensueller Erwärmung kam es am Unterarm zum Schweissausbruch, so dass eine verbindliche Aussage nicht möglich war; an der Handfläche traten keine Veränderungen auf.
Die Behandlung der Haut mit Lösungsmitteln bzw. an- und kationaktiven Waschmittelflotten und ihren Kombinationen - im Sinne von aufeinanderfolgenden Waschungen - vor der Bestimmung zeigte in allen Fällen eine Erhöhung der Werte der Perspiratio insensibilis.
Eine subcutane Atropininjektion von 1 mg blieb ohne Einfluss auf die Perspiratio-Menge.
Die Ergebnisse werden diskutiert.

VII. Schrifttum

1. ALBERT, R.E.; E.D. PALMES
Pulsative evaporative rate from small skin areas as measured by an infra-red gas analysis
Fed. Proc., Washington, 8, 1f. (1949)

2. ALBERT, R.E.; E.D. PALMES
Evaporative rate patterns from small skin areas as measured by an infra-red analyzer
J. Appl. Physiol., Wash., 4, 208-214 (1951)

3. BARRER, R.M.
Diffusion in and through solids
Cambridge (1951)
(zit. nach MALI)

4. BENEDICT, C.G.; F.G. BENEDICT
The nature of the "perspiratio insensibilis"
Skand. Arch. Physiol., 49, 89f. (1926)
(zit. nach ROTHMAN)

5. BENEDICT, D.G.; H.F. ROOT
Insensible perspiration: its relation to human physiology and pathology
Arch. inn. Med., Stuttgart, 38, 1-35 (1926)
(zit. nach ROTHMAN)

6. BERENSON, G.S.; G.E. BURCH
Studies of diffusion of water through dead human skin: the effect of different environmental states and of chemical alterations of the epidermis
Amer. J. Trop. Med., 31, 842-853 (1951)

7. BREBNER, D.F.; D. KERSLAKE; I.L. WADELL
The diffusion of water vapor through human skin
J. Physiol., London, 132, 225 (1956)

8. BUETTNER, K.
Diffusion of water and water vapor through human skin
J. Appl. Physiol., Wash., 6, 229 (1953)

9. BUETTNER, K.
Diffusion of liquid water through human skin
J. Appl. Physiol., Wash., 14, 261-268 (1959)

10. BUETTNER, K.
Diffusion of water vapor through small areas of human skin in normal environment
J. Appl. Physiol., Wash., 14, 269-275 (1959)

11. BUETTNER, K.
Diffusion of water vapor through human skin in hot environment and with application of atropine
J. Appl. Physiol., Wash., 14, 276-278 (1959)

12. BURCH, G.E.; W.A. SODEMANN
Regional Relationships of Rate of Water Loss in Normal Adults in a Subtropical Climate
Amer. J. Physiol., 138, 603 (1943)

13. BURCH, G.E.; T. WINSOR
Rate of insensible perspiration (diffusion of water) locally through living and through dead human skin
Arch. inn. Med., Stuttgart, 74, 437 (1944)

14. BURCH, G.E.; T. WINSOR
Diffusion of water through dead plantar, palmar, and dorsal human skin and through toe nails
Arch. Dermat. Syph., Chicago, 53, 39-41 (1946)

15. CHROMETZKA, F.; M. SCHWEDER
Die Unbeeinflußbarkeit der Perspiratio insensibilis durch experimentelle und pharmakologische Eingriffe im Wasserhaushalt des Menschen
Zschr. exper. Med., 80, 288-302 (1931)
(zit. nach ROTHMAN)

16. DERKSEN, I.G.; G.C. VHERINGA; A. WEIDINGER
On keratin and cornification
Acta Neerl. morph., 1, 31 (1937)
(zit. nach MALI)

17. DUPRE, A.
Etudes histochémiques de la peau humaine
II. Les espans intercellulaires
Ann. dermat. syph., 80, 490 (1953)
(zit. nach MALI)

18. ERISMAN, F.
Zur Physiologie der Wasserverdunstung von der Haut
Zschr. Biol., München, 11, 1-78 (1875)
(zit. nach ROTHMAN)

19. FELSHER, Z.; S. ROTHMAN
The insensible perspiration of the skin in hyperkeratotic conditions
J. Investigat. Dermat., Baltimore, 6, 271-278 (1945)

20. FIEDLER, H.
Der Schweiss
Editio Cantor, Aulendorf/Württ. (1955)

21. FLESH, P.; E.C. JACKSON ESODA
Isolation of a glycoproteolipid from human horny layers
J. Investigat. Dermat., Baltimore, 39, 409-415 (1962)

22. FRIEBOES, W.
Beiträge zur Anatomie und Biologie der Haut
X. Die biologischen Funktionen der menschlichen Epidermis
Arch. Dermat. Syph., Chicago, 140, 467-480 (1922)
(zit. nach ROTHMAN)

23. GAGGE, A.P.
A new physiological variable associated with
sensible and insensible perspiration
Amer. J. Physiol., 120, 277 (1937)

24. HEERD, E.; F.W. BEHMANN; H.J. HEIWICHS
Das thermische Schwitzen beim Menschen in Abhängigkeit
von Haut- und Rektaltemperatur
Pflügers Arch. Physiol., 266, 52 (1957)

25. HENSEL, H.
Temperatur und Leben
PRECHT, H.; I. CHRISTOPHERSEN; H. HENSEL
Springer (1955)

26. HERTZMAN, A.; W. RANDALL; C. PEISS; R. SECKENDORF
Regional rates of evaporation from the skin
at various environmental temperatures
J. Appl. Physiol., Wash., 5, 4 (1952)

27. HINSBERG-LANG
Medizin. Chemie
Urban & Schwarzenberg (1957)

28. IKEUCHI, K.; Y. KUNO
On the regional differences of the perspiration
on the surface of the human body
J. Orient. Med., Dairen, 7, 67-89 und 106-107 (1927)
(zit. nach ROTHMAN)

29. JORES, A.
Perspiratio insensibilis I
Zschr. exper. Med., 71, 170-185 (1930)

30. JORES, A.
Perspiratio insensibilis II
Über die Beziehungen zwischen renaler und extrarenaler
Wasserausscheidung
Zschr. exper. Med., 74, 757-768 (1930)

31. JORES, A.
Perspiratio insensibilis III
Zschr. exper. Med., 77, 734-742 (1931)

32. JÜRGENSEN, E.
Mikrobeobachtungen der Schweißsekretion der Haut
des Menschen unter Kontrastfärbung I
Dtsch. Arch. klin. Med., 144, 193-201 (1924)

33. JÜRGENSEN, E.
Mikrobeobachtungen der Schweißsekretion der Haut des
Menschen unter Kontrastfärbung II
Funktionsprüfungen. Methode und Begründung.
Allgemeiner Überblick, prakt. Anwendung.
Dtsch. Arch. klin. Med., 144, 248-257 (1924)

34. JÜRGENSEN, E.
Mikrobeobachtungen der Schweißsekretion der Haut
des Menschen unter Kontrastfärbung III
Dtsch. Arch. klin. Med., 149, 157-167 (1925)

35. JÜRGENSEN, E.
Mikrobeobachtungen der Schweißsekretion der Haut
des Menschen unter Kontrastfärbung IV
Vergleichende Reizreaktionen unter verschiedener
örtlicher Hautdurchblutung
Dtsch. Arch. klin. Med., 155, 342-352 (1927)

36. JÜRGENSEN, E.
Mikrobeobachtungen der Schweißsekretion der Haut
des Menschen unter Kontrastfärbung V
Atropinstudien
Dtsch. Arch. klin. Med., 165, 165-179 (1929)

37. KAUFMANN, W.; A. LÜTCKE
Zum Mechanismus der Hautwasserabgabe
Arch. physik. Therap., Leipzig, 5 (1955)

38. KAUFMANN, W.; A. LÜTCKE; R. THAUER
Diffusion von Wasserdampf durch die Haut
des unnarkotisierten Hundes
Die Naturwissenschaften, 21, 590-591 (1955)

39. KAUFMANN, W.; R. THAUER; G. ZÖLLNER
Der insensible Gewichtsverlust als Funktion der
Umweltbedingungen.
Der Wasserdampfdruck der Hautoberfläche und die Wasser-
durchgangszahl der Haut in Abhängigkeit von Temperatur
und Wasserdampfdruck der umgebenden Luft im thermo-
indifferenten Bereich
Pflügers Arch. Physiol., 261, 189-198 (1955)

40. KRAUSE, W.
in WAGNERS Handb. d. Physiol., 2, 131 (1844)
(zit. nach KUNO, Y. The physiology of human perspiration)

41. KUNO, Y.
The physiology of human perspiration
Americ. Lecture Series (1959)

42. KUNO, Y.
The physiology of human skin
I. and A. Churchill, London (1934)

43. KUNO, Y.; K. IKEUCHI
On the perspiration from the palm of the hand in man
J. Orient. Med., Dairen, 8, 193 (1928)
(zit. nach SULZBERGER)

44. KUNO, Y.; K. IKEUCHI
On sweating in man caused by the effect of heat and
also the variation of the body and the skin temperature
J. Orient. Med., Dairen, 9, 385 (1928)
(zit. nach SULZBERGER)

45. KUNO, Y.; J. KASCHIWABARA
An effective method for suppression of local sweating
Chin. J. Physiol., 11, 41 (1937)

46. LANDOIS-ROSEMANN
Physiologie des Menschen
Urban & Schwarzenberg (1959)

47. LASZLO, D.; A. SCHURMEYER
Perspiratio insensibilis und Grundumsatz
Zschr. klin. Med., Berlin, 116, 22 (1931)
(zit. nach ROTHMAN)

48. LOBITZ, W.C.; A.E. OSTERBERG
Chemistry of palmar sweat preliminary report;
apparatus and technics
J. Investigat. Dermat., Baltimore, 6, 63-74 (1945)
(zit. nach ROTHMAN)

49. LOEWY, A.; W. WECHSELMANN
Zur Physiologie und Pathologie des Wasserwechsels und
der Wärmeregulation seitens des Hautorgans
Arch. path. Anat., Bratislawa, 206, 79-121 (1911)
(zit. nach SULZBERGER)

50. LÜTCKE, A.; F. KLUSSMANN; W. KAUFMANN
Der insensible Gewichtsverlust als Funktion der
Umweltbedingungen.
Die Hautwasserabgabe des Hundes im Indifferenzbereich
Pflügers Arch. Physiol., 265, 575-596 (1958)

51. MAGENDANK, H.
Über die Beziehungen zwischen Perspiratio insensibilis und Grundumsatz bei Gesunden und Kranken
Dtsch. Arch. klin. Med., 173, 44 (1932)
(zit. nach ROTHMAN)

52. MALI, J.
The transport of water through the human epidermis
J. Investigat. Dermat., Baltimore, 27, Nr. 6 (1955)

53. MALI, J.
Insensible Perspiration
Acta physiol. pharmacol. Neerl., 4, 422-423 (1955)

54. MATOLTSY, A.G.; M. MATOLTSY
A study of morphological and chemical properties of keratohyalin granules
J. Investigat. Dermat., Baltimore, 38, 237 (1962

55. MELCZER, N.
Über die Hautatmung
Dermat. Zschr., Berlin, 46, 185 (1926)
(zit. nach ROTHMAN)

56. MOOG, O.
Der Einfluss von Pilocarpin, Atropin und Adrenalin auf die unmerkliche Hautwasserabgabe
Arch. exper. Path. Pharmak., Leipzig, 98, 75 (1923)

57. MOOG, O.
Der Einfluss der Temperatur auf die unmerkliche Hautwasserabgabe
Zschr. exper. Med., 31, 316 (1923)

58. MOOG, O.
Neuere Untersuchungen über die Perspiratio insensibilis
Verh. Dtsch. Ges. inn. Med., 38, 299 (1926)

59. MOOG, O.
Über die Bedeutung der Epidermis für die unmerkliche Hautwasserabgabe
Zschr. exper. Med., 54, 226 (1927)

60. PALMES, E.D.
An apparatus and method for the continuous measurements of evaporative water loss from human subjects
Rev. Scient. Instruments, 19, 711-717 (1948)

61. PEGUM, J.S.
Der Eiweißverlust der normalen Haut
Hautarzt, Berlin, 5, 165 (1954)

62. PINSON, E.A.
Evaporation from human skin with sweat glands inactivated
Amer. J. Physiol., 137, 492 (1942)

63. RANDALL, W.C.
Sweat gland activity and changing pattern of sweat secretion on the skin surface
Amer. J. Physiol., 147, 391-398 (1946)

64. ROTHMAN, S.
Physiology and biochemistry of the skin
Chicago (1954)

65. ROTHMAN, S.
Über die Wirkung des ultravioletten Lichts auf die unmerkliche Wasserabgabe der Haut
Strahlentherapie, 35, 381-386 (1930)

66. ROTHMAN, S.
Zusammenhang der Verhornung mit der insensiblen Perspiration
Zbl. Haut-Geschl.krkh., 37, 30 (1931)

67. ROTHMAN, S.; F. SCHAAF
Chemie der Haut
in JADASSOHN, Handb.d.Haut-u.Geschl.krkh., 1/2, 161-377
J. Springer, Berlin (1929)

68. ROVENSKY, J.; M. TOMAN
Eine colorimetrische Kontaktmethode zur Messung der Perspiratio insensibilis
Hautarzt, 13, 10 (1962)

69. SAALECKER, J.
Die fibrilläre Architektur der menschlichen Epidermis
Gegenbaurs Morph. Jb., 88, 225 (1943)
(zit. nach STÜPEL und SZAKALL)

70. SCHÖLMERICH, P.; G. HILDEBRANDT
Über Mechanismus und Regulation der Hautwasserabgabe
Zschr. exper. Med., 117, 17 (1951)

71. SERAK, L.; P. HYBASEK
Messung der Perspiratio insensibilis mit einer psychrometrischen Methode
Pharmaz. Ztg., Reichenberg, 107, 30 (1962)

72. SODEMANN, W.A.; BURCH, G.E.
Regional variations in water loss from skin of diseased subjects living in subtropical climate
J. Clin. Invest., Cincinnati, 23, 37 (1944)

73. SODERSTROM, G.F.; E.F. DU BOIS
Clinical colorimetry. XXV. The water elimination through skin and respiratory passages in health and disease
Arch. inn. Med., Stuttgart, 19, 931 (1937)
(zit. nach ROTHMAN)

74. STÜPEL, H.; A. SZAKALL
Die Wirkung von Waschmitteln auf die Haut
Dr. Alfred Hüthig Verlag, Heidelberg

75. SULZBERGER, M.; F. HERRMANN
The clinical significance of disturbances in the delivery of sweat
American Lecture Series, 178

76. SZAKALL, A.
Hautphysiologische Forschung und Gesunderhaltung der Haut
Fette und Seifen, 53, 399 (1951)

77. TANIGUCHI, T.; KAMIYAMA inY. KUNO
The Physiology of Human Perspiration

78. THAUER, R.; G. ZÖLLNER
Der insensible Gewichtsverlust als Funktion der Umweltbedingungen. Seine Abhängigkeit von dem Wasserdampfdruck der Luft im indifferenten Temperaturbereich.
Pflügers Arch. Physiol., 258, 58 (1953)

79. THAUER, R.; G. ZÖLLNER; W. KAUFMANN
Der insensible Gewichtsverlust als Funktion der Umweltbedingungen. Der Anteil von Atmung und Haut an der Gesamtperspiratio.
Pflügers Arch. Physiol., 260, 1-23 (1954)

80. TROLLE, C.
Study of the insensible perspiration from the skin of the dog
Skand. Arch. Physiol., 225, 46 (1937)
(zit. nach ROTHMAN)

81. UNNA, G.P.
Kritisches und Historisches über die Lehre von der Schweißsekretion
Schmidts Jb. ges. Med., 194, 89 (1882)
(zit. nach ROTHMAN)

82. VASTI, A.
The insensible water loss through the skin
Amer. J. Physiol., 102, 60 (1932)

83. WAGENER, H.H.
Methode zur Messung der Wasserdampfabgabe der Haut
Dermatologica, 123, Nr. 5 (1961)

84. WHITEHOUSE, A.; W. HANCOCK; J. HALDANE
The osmotic passage of water and gas through the human skin
Proc. Roy. Soc. Med., London, 111, 412-429 (1932)

85. WINSLOW, C.E.A.; L.P. HERRINGTON; A.P. GAGGE
Physiological reactions of the human body to various atmospheric humidities
Amer. J. Physiol., 120, 288 (1937)

86. WINSOR, T.; G.E. BURCH
Differential roles of human epigastric skin of diffusion rate of water
Arch. inn. Med., Stuttgart, 74, 428 (1944)

87. ZÖLLNER, A.; R. THAUER
Der insensible Gewichtsverlust als Funktion der Umweltbedingungen: seine Abhängigkeit vom Wasserdampfdruck der Luft in Lufttemperaturen oberhalb des Indifferenzbereiches
Pflügers Arch. Physiol., 259, 281 (1954)

88. ZÖLLNER, G.; R. THAUER; W. KAUFMANN
Der insensible Gewichtsverlust als Funktion der Umweltbedingungen: die Abhängigkeit der Hautwasserabgabe von der Hauttemperatur bei verschiedenen Temperaturen und Wasserdampfdrucken der umgebenden Luft
Pflügers Arch. Physiol., 260, 261-273 (1955)

An dieser Stelle möchte ich mich bei Herrn Professor Dr. S p i e r herzlich für die Themenstellung und für die freundliche Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit bedanken.

VIII. Lebenslauf

Am 8. 9. 1933 als Sohn des Martin Stolze und seiner Ehefrau Gertrud in Berlin geboren.
1940 Einschulung in Berlin, im gleichen Jahr Evakuierung nach Schlesien.
1943 Übergang auf die Oberschule.
1945 Vater gefallen.
1947 Zwangsausweisung aus Schlesien und Übersiedlung nach Westfalen.
1955 Abitur an der Besselschule in Minden.
Anschliessend 2 Semester Jura und 11 Semester Medizin in Berlin.
1962 medizinisches Staatsexamen.
Medizinalassistentenzeit vom 1. 8. 1962 bis zum 31. 7. 1964.
Am 15. 3. 1963 Eheschliessung.
Seit dem 1. 8. 1964 Assistent im Rudolf-Virchow-Krankenhaus in Berlin.

Fotodruck: W. H i l k e , Berlin 15, Joachimstaler Straße 16